

Universität Bayreuth

Lehrstuhl Didaktik der Biologie

**Inquiry-basiertes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht –
Auswirkung auf Motivation und langfristigen Wissensaufbau**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

- Dr. rer. nat. -

der Fakultät Biologie, Chemie und Geowissenschaften

an der Universität Bayreuth

vorgelegt von

Master of Science im Fach Biologie

Sarah Schmid

2014

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Februar 2011 bis Dezember 2014 in Bayreuth am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie unter der Betreuung von Herrn Professor Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth genehmigten Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.).

Dissertation eingereicht am: 08.12.2014

Zulassung durch die Promotionskommission: 16.12.2014

Wissenschaftliches Kolloquium: 09.02.2015

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Rhett Kempe

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz X. Bogner (Erstgutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag (Zweitgutachter)

Prof. Dr. Christian Laforsch (Vorsitz)

Prof. Dr. Stefan Schuster

Inhaltsverzeichnis

A Summary	7
B Zusammenfassung	9
C Ausführliche Zusammenfassung	11
C.1 Theoretischer Hintergrund	11
C 1.1 Inquiry-basiertes Lernen	11
C 1.2 Wissenserwerb und Faktoren während des Unterrichts	15
C 1.3 Motivation für die Naturwissenschaften	16
C.2 Fragestellungen und Ziele der Arbeit.....	17
C.3 Methoden	20
C 3.1 Studiendesign und Teilnehmer	20
C 3.2 Erhebungsinstrumente und Datenauswertung	22
C 3.3 Intervention.....	24
C.4 Ergebnisse und Diskussion	26
C 4.1 Teilstudie A.....	26
C 4.2 Teilstudie B	30
C 4.3 Teilstudie C	33
C 4.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für Lehre und Forschung.....	38
D Literaturverzeichnis der Zusammenfassung.....	46
E Teilarbeiten	54
E.1 Publikationsliste	54
E.2 Darstellung des Eigenanteils	55
E.3 Teilstudie A.....	56
E.4 Teilstudie B.....	78
E.5 Teilstudie C.....	90
F Anhang	114
F.1 Vortest (T0).....	115
F.2 Nachtest (T1)	124
F.3 Behaltenstest nach sechs Wochen (T2)	137
F.4 Behaltenstest nach zwölf Wochen (T3).....	146
(Eidesstattliche) Versicherungen und Erklärungen.....	155
Danksagung.....	156

Hinweis auf Geschlechtsneutralität

Hinweis auf Geschlechtsneutralität:

Im Sinne der guten Lesbarkeit des folgenden Dokumentes wird in der Regel nur die Form „Schüler“ bzw. „Lehrer“ verwendet und beispielsweise auf die Doppelnennung „Schüler und Schülerinnen“ bzw. „Schüler(innen)“ verzichtet. Wenn nicht anders dargestellt, ist hiermit keine spezifische Zuordnung zu einem Geschlecht gemeint. Es wird sich damit in der Regel viel mehr auf die Bezeichnung einer Personengruppe bezogen, deren Geschlecht für den Kontext in diesem Sinne keine Rolle spielt. In Abschnitten in denen Geschlechterunterschiede besprochen werden, werden die geschlechtsspezifischen Bezeichnungen der Personengruppen verwendet.

A Summary

Major goals of science education are the motivating of students for science, encouraging them to build up long-term interest and to mediate knowledge. Inquiry based teaching and learning is a modern form of constructivistic learning, holding the potential to support these goals (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson and Hemmo, 2007; NRC, 1996, 2000). The aim of the present work was to design and implement a structured inquiry-unit connecting Biology and Physics interdisciplinary. The focus of this unit was on interpretation of information and working with provided learning material: A working booklet containing information, experimental instructions and questions about the experiments, as well as provided setup-material. It should enable students to connect and arrange their observations and ideas in the context of the provided information, enabling them to use their new acquired knowledge to answer provided questions.

The aim of this present thesis was to test whether a three hour inquiry-unit would lead to cognitive learning at all, if the learned information could be retrieved medium- and long-term, and furthermore, whether there would be gender-effects on both (sub-study A). Second, it was tested whether the invested effort or the perceived competence for learning during the lesson, or the perceived value of the lesson would have predictive character for students' achievement (sub-study B). In the third sub-study, it was additionally tested, whether the provided inquiry-unit would lead to an increase in science motivation and which facets of motivation would be affected (sub-study C).

In sub-study A, a cognitive learning gain was shown to be evident for both genders short-term, medium-term and long-term. This means that long-term retention of knowledge learned was possible, i.e. at least up to 12 weeks after participation in the structured inquiry unit. This positive result promotes the few other studies of long-term retention due to inquiry-learning (Geier, Blumenfeld, Marx, Krajcik, Fishman, Soloway, and Chambers, 2008; Nuthall, 1995; Blank, 2000). In sub-study B, it became evident that it is mainly the invested effort during a lesson unit that leads to high achievement in medium- and long-term retention tests for content knowledge. In contrast, pre-existing good grades in Biology and Physics were not connected to the pre-knowledge level, but to long-term retention. This indicates that students with good grades do not reach high achievement in subsequent tests because they knew more at the beginning of a new topic, but because they seem to acquire and remember information better than classmates with less good grades do. In sub-study C, the measured facets of science motivation showed differences: The variables career motivation and self-efficacy could not be influenced at all. Both variables remained rated unchanged over the observed period of 14

weeks. In contrast, a short-term increase of self-determination was gained directly after the lesson. Furthermore, results indicate that the „Science Motivation Questionnaire“ (SMQII; Glynn, Brickman, Armstrong and Taasobshirazi, 2011) has only limited suitability for secondary school. The subscale of self-determination differed in all calculations from the other two subscales and therefore differently than described by its authors. The reason could be that the SMQII scale was yet only tested at university-students before and not on secondary school students.

Taken together the offered structured inquiry-lesson lead to long-term knowledge increase in both genders. The science motivation could not be improved in regard to career motivation and self-efficacy. The short length of the lesson or the not explicit yielding for these variables could provide a potential explanation for this. However, the individual perception of self-determination could be positively influenced short-term. This increase in self-determination probably is grounded in the student-centered, autonomous learning, as the lesson provoked students to take responsibility for their learning as their learning behavior determined their forthcoming during the lesson. Additionally, the invested effort during the lesson positively correlated with the long-term retention. This indicates that it pays off for students to invest effort in solving tasks in terms of later on achievement. In summary, the implementation of structured inquiry lessons should be considered as positive tools to increase knowledge long-term and increase students' awareness that their own behavior determines their learning outcome.

B Zusammenfassung

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll für den MINT-Bereich begeistern, langfristiges Interesse wecken und relevantes Wissen vermitteln. Forschend-entdeckender Unterricht (im englischen Sprachgebrauch: inquiry-based learning/ teaching), eine moderne Form konstruktivistischen Lernens, hat dieses Potential (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson und Hemmo, 2007; NRC; 1996, 2000). Ziel der vorliegenden Arbeit war daher die Entwicklung und Implementierung einer solchen fächerübergreifenden Unterrichtseinheit, die Biologie mit Physik verbindet und nach Vorbild von strukturiertem Inquiry-Unterricht umgesetzt. Dabei sollen Schüler Sachverhalte eigenständig interpretieren und bereitgestelltes Unterrichtsmaterial selbstständig bearbeiten: Ein Schülerheft mit Informationen, Versuchsanleitungen und Fragen zu den Experimenten, sowie bereitgestelltes Versuchsmaterial sollen ermöglichen, eigene Beobachtungen und Ideen in den Kontext der bereitgestellten Informationen einzuordnen und diese zu verknüpfen, um aufgeworfene Fragen beantworten zu können.

Die Ziele der Promotionsarbeit waren zum einen eine Überprüfung des kognitiven Lernerfolgs nach einer dreistündigen, strukturierten Unterrichtseinheit, die mittel- und langfristige Abrufbarkeit gelernten Wissens, sowie das Aufdecken eventueller geschlechtsspezifischer Unterschiede (Teilstudie A). Darüber hinaus wurde untersucht, ob sich von der investierten Mühe im Unterricht, der wahrgenommenen Lernkompetenz oder der Wertschätzung des Unterrichts Vorhersagen über das Abschneiden im Wissenstest ableiten lassen (Teilstudie B). Zuletzt wurde untersucht, ob das Unterrichtsmodul zu einer Erhöhung der Motivation für die Naturwissenschaften führt und welche Facetten der Motivation davon betroffen sind (Teilstudie C).

In Teilstudie A zeigte sich ein kognitiver Lernerfolg, sowohl kurzfristig, direkt nach der Teilnahme am Unterricht, als auch mittelfristig, nach sechs Wochen und längerfristig bis zu zwölf Wochen nach Teilnahme am Unterricht – das heißt, es konnte gezeigt werden, dass langfristiger Wissenserwerb möglich ist. Das positive Ergebnis unterstützt die wenigen vergleichbaren Studien (Geier, Blumenfeld, Marx, Krajcik, Fishman, Soloway und Chambers, 2008; Nuthall, 1995; Blank, 2000). In Teilstudie B zeigte sich, dass vor allem die investierte Anstrengung zu mittel- und langfristigem Wissen führt. Gute bisherige Fachnoten in Biologie und Physik erlaubten keine Vorhersagen in Bezug auf das Vorwissen, allerdings stehen sie mit langfristigem Behalten von Wissen positiv in Zusammenhang. Dies legt nahe, dass Schüler mit guten Schulnoten gute Leistungen in Wissenstest nicht deshalb erzielen, weil sie zu Beginn eines neuen Themas bereits mehr wüssten, sondern dass sie sich die neuen Informationen besser aneignen und merken können als ihre Mitschüler mit weniger guten Fachnoten. Die in Teilstudie C

erhobenen Facetten von Motivation gegenüber den Naturwissenschaften ließen sich nicht gleichmäßig beeinflussen: Die Variablen der Motivation, eine Karriere mit naturwissenschaftlichem Bezug anzustreben und die Selbstwirksamkeit der Schüler konnten nicht beeinflusst werden, die Variablen blieben über die beobachteten vierzehn Wochen unverändert. Dagegen konnte eine kurzfristige Erhöhung der wahrgenommenen Selbstbestimmung erreicht werden. Darüber hinaus wurden Hinweise gefunden, dass sich die eingesetzte Skala „Science Motivation Questionnaire“ (SMQII; Glynn, Brickman, Armstrong und Taasobshirazi, 2011) nur bedingt für den Einsatz in Schulen eignet. Die Subskala der Selbstbestimmung unterschied sich in allen Berechnungen von den anderen Subskalen und folgte damit nicht der Prognose seiner Autoren. Ein Grund hierfür könnte in der Tatsache begründet sein, dass die Skala bisher nur in Universitätskursen erprobt wurde.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das angebotene strukturierte Unterrichtsmodul bei beiden Geschlechtern zu langfristigem Wissen führte. Die Motivation für Naturwissenschaften ließ sich in Betracht der Facetten Motivation für eine Karriere mit Bezug zu den Naturwissenschaften oder der Selbstwirksamkeit der Schüler nicht steigern. Hierzu war der angebotene Unterricht eventuell zu kurz oder nicht explizit genug. Jedoch ließ sich die individuelle Einschätzung der Selbstbestimmung im naturwissenschaftlichen Unterricht kurzfristig steigern. Dieser Anstieg begründet sich vermutlich im schülerzentrierten, selbstständigen Arbeiten, da hierbei verstärkt Verantwortung für eigenes Lernen übernommen werden muss und eigenes Lernverhalten Lernfortschritte bestimmt. Dass die investierte Mühe während des Unterrichts dabei in positivem Zusammenhang mit dem langfristigen Wissenserwerb stand, ergänzt hierzu, dass es sich für die Schüler im Sinne des Erreichens guter Leistung lohnt, wenn sie sich beim Lösen von Problemen Mühe geben. Insgesamt kann dem Einsatz dieser oder ähnlicher strukturierter Unterrichtseinheiten zugesprochen werden, dass er langfristig Wissen vermittelt und Schülern bewusst(er) macht, dass eigenes Handeln Lernleistungen bestimmt.

C Ausführliche Zusammenfassung

C.1 Theoretischer Hintergrund

Alle Lehrmethoden, die nachhaltige Wissensvermittlung fördern und Schüler für ein Fach motivieren, sind für den naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutsam. Insbesondere im Hinblick auf eine Befähigung zu lebenslangem Lernen und zur Berufsentscheidung für naturwissenschaftliche Berufe haben naturwissenschaftliche Fächer an Schulen einen besonderen Stellenwert. In diesem Kontext wurde in der vorliegenden Arbeit eine induktive Lehrmethode untersucht, die seit vielen Jahren unter dem Stichwort „Inquiry-Based Science Education“ (IBSE) im internationalen Fokus steht (Eurydice, 2011; Rocard et al., 2007; KMK, 2005a, 2005b; NRC, 1996, 2000). Sie kann im Deutschen mit schülerzentriertem, problemorientierten, forschend-entdeckendem Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht umschrieben werden. Um die Lehrmethode in diesem Dokument eindeutig zu bezeichnen und der internationalen Literatur gerecht zu werden, wird in dieser Arbeit der Originalbegriff „Inquiry“ verwendet. Inquiry-basiertem Lernen wird dabei eine Verbesserung der Unterrichtsqualität vor allem im naturwissenschaftlichen Bereich zugetraut (Rocard et al., 2007; NRC, 1996, 2000). Obwohl seine Vorteile in der naturwissenschaftlichen Bildung seit Jahren postuliert werden, ist die Bandbreite der ermittelten Forschungsergebnisse erheblich und erlaubt trotz positiver Tendenzen kein klares Bild (siehe bspw. Meta-Analyse von Furtak, Seidel, Iverson und Briggs, 2012). Eines der Probleme besteht vor allem darin, dass diese Studien untereinander oft schwer vergleichbar sind, da beispielsweise der Begriff „Inquiry“-basiertes Lernen nur selten klar definiert wurde und eine allgemein anerkannte Definition des Begriffes fehlt (Furtak et al. 2012; Brickman, Gormally, Armstrong und Hallar, 2009; Prince und Felder, 2007). Die vorliegende Arbeit untersucht inquiry-basiertes Lernen im Kontext des Biologieunterrichtes. Es werden aus der Literatur vor allem folgende Vorteile untersucht: Aufbau langfristigen Wissens und Förderung der Motivation für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Außerdem wird analysiert, ob weitere Faktoren den Aufbau langfristigen Wissens unterstützen, wie z.B. die Fachnoten in Biologie und Physik, das Geschlecht der Schüler, die wahrgenommene Lernkompetenz, die Anstrengung während des Unterrichts und die Wertschätzung des Unterrichtes. Ziel der Studie ist es, die Auswirkung des Inquiry-Unterrichtes auf die genannten Variablen zu untersuchen und Empfehlungen für Inquiry-basiertes Lernen im Schuleinsatz auszusprechen.

C 1.1 Inquiry-basiertes Lernen

Im konstruktivistischen Sinne kann Wissen nicht von einer Person zu einer anderen Person übertragen werden, sondern muss durch aktives Nachdenken des Lernenden individuell

konstruiert werden. Bereits vorliegende Informationen, Überzeugungen, Interessen und Ziele müssen in Anbetracht der neuen Information modifiziert und mit ihr in Einklang gebracht werden (Palmer, 2005; Cakir, 2008). Dem Lernenden wird daher Einsatz und Motivation für sein Lernen abverlangt (Palmer, 2005). Inquiry-basiertes Lernen geht auf die Lerntheorien von Jean Piaget, Lev Vygotsky und David Ausubel zurück (Cakir, 2008). Jedoch wies John Dewey bereits 1910 auf die unbedingt nötige aktive kognitive Beteiligung des Lernenden hin, damit dieser Sachverhalte wirklich verstehe und nicht nur inertes Wissen generiere. Auch Joseph Schwab (1960, 1962) und Jerome Bruner (1961) trugen erheblich zur Entwicklung des Inquiry-basierten Lehrens bei.

Für die vorliegende Arbeit wird die Definition von Linn, Davis und Bell (2004) verwendet, nach der Inquiry-basiertes Lernen als bewusster Prozess definiert wird, Probleme zu diagnostizieren, Experimente kritisch zu hinterfragen, Alternativen zu entwickeln, Untersuchungen zu planen, Informationen nachzuschlagen, Modelle zu konstruieren, mit Mitschülern zu diskutieren und Argumente zu formulieren. Der Einsatz von Inquiry-basiertem Lernen wird immer öfter als Unterrichtsverfahren in den naturwissenschaftlichen Fächern gefordert (Osborne und Dillon, 2008; Rocard et al., 2007; BBW, 2013). Beispielsweise sind auch in den derzeit gültigen deutschen Bildungsstandards für naturwissenschaftlichen Unterricht Grundzüge des inquiry-basierten Ansatzes enthalten (KMK, 2005a, 2005b). Von den vier enthaltenen Kompetenzbereichen, Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung, enthält vor allem der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung viele Überschneidungen mit inquiry-orientiertem Lernen, in dem Beobachten, Vergleichen, Experimentieren, Nutzen von Modellen und Anwenden von Arbeitstechniken im Vordergrund stehen (siehe bspw. KMK, 2005a, S.14, Nr.3.2). Es wird darüber hinaus auf die besondere Bedeutsamkeit dieser Kompetenzen in den naturwissenschaftlichen Fächern hingewiesen. Obwohl die positiven Aspekte von inquiry-basiertem Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht immer noch kontrovers diskutiert werden (siehe bspw. Furtak, Seidel, Iverson und Briggs., 2012) gibt es ermutigende Ergebnisse (Wilson, Taylor, Kowalski und Carlson, 2010; Lynch, Kuipers, Pyke und Szesze, 2005; Minner und Levy, 2009). So wurden zum Beispiel in Studien der letzten Jahre eine Reduzierung des Geschlechterunterschiedes in den Lernleistungen (Geier et al., 2008), ein Anstieg von Fachwissen (Geier et al. 2008; Secker und Lissitz, 1999), sowie die Erhöhung der Motivation (Gibson und Chase, 2002; Tuan, Chin, Tsai und Cheng, 2005; Wimpey, Wade und Benson, 2011) nachgewiesen. Inquiry-basierter Unterricht kann anhand des Grads der Autonomie der Schüler in verschiedene Ebenen unterschieden werden. Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, Annetta und Granger (2010) haben die vier Ebenen für Inquiry-Unterricht nach Abrams, Southerland und Evans (2007) übersichtlich dargestellt: Ebene-0/ bestätigend,

Ebene-1/strukturiert, Ebene-2/geleitet und Ebene-3/offen (siehe Tabelle 1). Je höher die Ebene des Inquiry-Unterrichtes, desto höher ist die Autonomie der Schüler in Bezug auf einen der Abschnitte des Unterrichtes. Beispielsweise entscheidet in Ebene-0 der Lehrer über die zu untersuchende Frage, die Methode der Datenerhebung und er interpretiert ebenfalls die erhaltenden Ergebnisse für die Schüler. In Ebene-1 ist die Interpretation der Daten den Schülern überlassen. In Ebene-2 sind die Interpretation der Ergebnisse sowie die Entscheidung über die Untersuchungsmethode den Schülern übertragen. In Ebene-3 übernehmen die Schüler zusätzlich die Verantwortung darüber, eine Forschungsfrage zu formulieren, die von ihnen untersucht werden soll. Abrams, Southerland und Evans (2007) sind der Meinung, dass Schüler für die Ebene-3 Vorerfahrung mit Inquiry-Unterricht benötigen und empfehlen deshalb für den Einstieg niedrigere Ebenen.

Tabelle 1: Übersicht über die vier verschiedenen Inquiry-Ebenen (verändert nach Blanchard et al. 2010).

	Fragestellung	Auswertungsmethode	Interpretation der Ergebnisse
Ebene 0: bestätigend	Lehrer	Lehrer	Lehrer
Ebene 1: strukturiert	Lehrer	Lehrer	Schüler
Ebene 2: geleitet	Lehrer	Schüler	Schüler
Ebene 3: offen	Schüler	Schüler	Schüler

In der vorliegenden Arbeit im quasi-experimentellen Design war es aus Gründen der Vergleichbarkeit der teilnehmenden Klassen nötig, dass alle Schüler am selben Inhalt arbeiteten. Aus diesem Grund wurde der Unterricht als Ebene-1 bzw. strukturierter Inquiry-Unterricht konzipiert. Der Schwerpunkt des strukturierten Inquiry-Unterrichtes lag daher darauf, dass Schüler die Zusammenhänge zwischen Theorie und Experiment verstehen und sie die von ihnen beobachteten Ergebnisse im Kontext der Theorie interpretieren können (Staver und Bay, 1987).

Die Rolle von Lehrer und Schüler

Mayer (2004) definiert angeleiteten problemorientierten Unterricht [wie strukturierten oder geleiteten Inquiry-Unterricht] als Unterricht, in dem Probleme zur Lösung vorgelegt und Schüler in eine Richtung gelenkt werden. Der Lehrer gibt darin Hinweise und Feedback um die Schüler an zielgerichtetes Arbeiten heranzuführen. Die Hauptarbeit des Lehrers findet vor dem eigentlichen Unterricht statt. Es obliegt seiner Verantwortung, hoch qualitatives Lernmaterial zu entwickeln und bereitzustellen. Das bedeutet für die aktive Rolle des Lehrers während des Inquiry-Unterrichts auch, dass er sich hauptsächlich auf das gelegentliche Stellen offener Fragen beschränkt und nicht die zentrale Person im Unterrichtsgeschehen ist. Beispielsweise kann er eine Schülergruppe fragen, wie sie sich ein bestimmtes Ergebnis, das diese bereits beobachtet

und diskutiert haben, erklären und gibt ihnen Zeit über eine Antwort nachzudenken. Bei fachlichen Fragen von Schülern an den Lehrer gibt er diese beispielsweise mit eigenen Worten wieder und lenkt ihre Aufmerksamkeiten gegebenenfalls auf ein noch nicht in Betracht gezogenes Detail, das beim Lösen des Problems helfen kann, ohne die Antwort vorweg zu nehmen. Er vermeidet auch ein kleinschrittiges Erklären, was in jedem Moment zu tun und herauszufinden ist. Ansonsten sorgt der Lehrer für eine disziplinierte Klasse, die sich auf ihre Aufgaben konzentriert (Colburn, 2000).

Im Inquiry-Unterricht steht der Schüler im Mittelpunkt. Praktisches Arbeiten ist ein wichtiger Teil des Inquiry-Lernens, der es den Schülern erleichtern soll, theoretische Informationen und Ideen zu verstehen. Allerdings kann praktisches Arbeiten, nach Mayer (2004), zwar sinnvolles Lernen unterstützen, aber es sei eigentlich die kognitive Beteiligung, wie beispielsweise Informationen auszuwählen, zu organisieren und zu integrieren, die bedeutungsvolles Lernen unterstütze. Er weist darauf hin, dass es über das praktische Arbeiten hinaus vor allem das Lernen durch Nachdenken sei, dass konstruktivistisches Lernen ausmache. An dieser Aussage Mayers lässt sich erneut der gravierende Unterschied zwischen Ebene-0/ bestätigendem Inquiry-Unterricht und höheren Inquiry-Ebenen ablesen. Furtak und Kollegen (2009) sind wie Mayer (2004) ebenfalls der Meinung, dass der Ablauf von Inquiry-basiertem Unterricht nicht darauf abziele, dass Schüler gedankenlos Versuchsanleitungen, sozusagen nach Rezept, abarbeiten. Auch Lord und Orkwiszewski (2006) sind der Meinung, dass sich Schüler bei praktischer Arbeit zwar physisch am Unterricht beteiligten, Inquiry-Unterricht aber darüber hinaus voraussetze, dass sie sich auch mental beteiligten. Inquiry-Aufgaben sollten so gestellt werden, dass das unabhängige, kritische Denken der Schüler gefördert wird.

Inquiry-Lernmaterial

Bybee (2002) wies darauf hin, dass Lehren mehr als reines Darlegen von Fakten sei. Damit übereinstimmend sollte Inquiry-Lehrmaterial neben dem zu vermittelnden Fachwissen auch Raum dafür lassen, dass Schüler sich mit den Lehrinhalten beschäftigen können. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz geeigneter Fragen geschehen, die während der Beschäftigung mit dem Lernmaterial zu beantworten sind. Hierbei sei auf Novak (1988) verwiesen, der behauptet, dass die meisten Schüler sich nicht bewusst seien, dass sie die Verantwortung für ihr Lernen selbst tragen. Lehrer dagegen hätten die Aufgabe bedeutungsvolles Lehrmaterial herauszusuchen und den Schülern anzubieten, aber letztlich könne sich nur jeder Schüler selbst dazu entscheiden, zu lernen. Sie seien darüber hinaus in der Lage zu entscheiden, Inhalte auswendig zu lernen oder verstehen zu wollen. Die Probleme und Phänomene die in den Inquiry-Lernmaterialien behandelt werden, sollten einen Bezug zum Alltag der Schüler haben und die

Lehrinhalte sollten mit schülerrelevanten naturwissenschaftlichen Problemen verbunden sein, die den Schülern im Alltag begegnen können und für ihr Leben eine gewisse Relevanz haben (Bransford, Brown und Cocking, 2000).

C 1.2 Wissenserwerb und Faktoren während des Unterrichts

In der Literatur zeigt sich ein relativ einheitliches Meinungsbild darüber, dass Lernen und Lernleistung von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden. Dabei seien zum Beispiel Selbsteinschätzung (self-concept), bereits vorhandene Fähigkeiten, Interessen (Marsh und Craven, 2006), Lernstrategien, der Einfluss der Lernumgebung (Garner, 1990; Ames und Archer, 1988), soziale Interaktionen (Yager, 1991), kognitive Strategien, Kompetenzen, Lernziele und andere genannt (siehe bspw., Eccles, Wigfield und Schiefele, 1998). Nichols (2006) sieht die kritischsten Einflüsse auf die Lernleistung in der Einstellung der Schüler zu ihren Fähigkeiten und ihrer investierten Anstrengung beim Lernen. Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Arbeit, neben der Auswirkung der Teilnahme am strukturierten Inquiry-Unterricht auf Wissenserwerb und Motivation, folgende Einflüsse auf die Lernleistung untersucht: a) investierte Anstrengung, b) wahrgenommene Nützlichkeit und c) wahrgenommene Lernkompetenz während des strukturierten Inquiry-Unterrichtes. Unterrichtsstunden die auf sozialer Interaktion basieren und die Autonomie der Schüler fördern, könnten zu einem Anstieg von Motivation und Leistung führen (Nichols, 2006). Beispielsweise berichteten Ertepinar und Geban (1996) für forschend-entdeckende Lerngruppen höhere Leistungen verglichen mit Schülern, die mit Arbeitsblättern gelernt hatten. Die Autoren schlossen hieraus, dass das Begreifen von Konzepten verbessert wird, wenn Schüler die Möglichkeit haben sich mit dem Lernstoff praktisch auseinander zu setzen. Nieswandt (2007) behauptete zudem, dass das Verbinden von verschiedenen isolierten Informationen oder das Verbinden von neu erlernter Informationen mit Alltagsphänomenen zu sinnvollem Verständnis von Konzepten führen könnte, wohingegen schlichtes Auswendiglernen nur zu kurzfristigem Wissensaufbau führe. Von Lau und Roeser (2002) wurde identifiziert, dass investiertes Engagement mit erzielter Leistungen in Zusammenhang steht. Auch Tyler, Hertel, McCallum und Ellis (1979) fanden heraus, dass Aufgaben, die dem Lernenden mehr Anstrengung abverlangten zu besseren Lernleistungen führen als Aufgaben, bei denen sich der Lernende weniger Mühe geben musste. Es scheint daher, dass vor allem der Faktor der Anstrengung eine entscheidende Rolle spielt, wenn es um das Verstehen und Behalten von neu erlernten Informationen geht. Die Wertschätzung des Unterrichtes steht zumindest mit der Wahl weiterführender Kurse in Zusammenhang (Eccles et al., 1998; Wigfield, Eccles und Schiefele, 2002), ein Einfluss auf den Wissenserwerb ist daher denkbar. Ein Anstieg der wahrgenommenen Lernkompetenz durch Inquiry-Unterricht konnte von Patrick, Mantzicopoulos und Samarapungavan (2009) aufgezeigt

werden. Des Weiteren ist bekannt, dass wahrgenommene Kompetenz ein starker Indikator für zukünftige Lernleistungen darstellt (Simpson und Oliver, 1990; Wigfield und Eccles, 2002; Lau und Roeser, 2002; Beghetto, 2007). Gibson und Chase (2002) fanden in ihren Studien heraus, dass der Einsatz von Inquiry-basiertem Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern zu länger anhaltendem Interesse bei den Schülern führte und diese auch dazu motiviert wurden sich beim Lernen mehr anzustrengen. Zusätzlich fanden Tuan, Chin, Tsai und Cheng (2005) heraus, dass Inquiry-Unterricht in den Naturwissenschaften die Motivation der Schüler in Bezug auf Lernen in den Naturwissenschaften stärker steigern konnte, als traditioneller naturwissenschaftlicher Unterricht.

C 1.3 Motivation für die Naturwissenschaften

Junge Menschen studieren heutzutage eher weniger naturwissenschaftliche Fächer, wofür der naturwissenschaftliche Unterricht in den Schulen verantwortlich sein könnte (Osborne und Dillon, 2008; Rocard, 2007). Das Fehlen von Motivation – einem inneren Zustand, der zum Lernen führt, es leitet und aufrechterhält – wird als einer der Hauptgründe für diesen Mangel aufgeführt (Glynn, Brickman, Armstrong und Taasobshirazi, 2011). Motivation wird als Grundlage von Lern- und Arbeitseifer betrachtet (Glynn, Taasobshirazi und Brickman, 2009). Daher sollten Lernumgebungen reich an interessanten Aufgaben sein, die die Neugierde von Kindern fördern und lösbar herausfordernde Aufgaben bieten (Meece, 1997). Die sozial-kognitive Theorie (social cognitive theory) wurde von Bandura entwickelt (1986, 2001, 2006) und beispielsweise von Pajares, Schunk und Pintrich erweitert (Pajares und Schunk, 2001; Pintrich, 2003). Sie besagt, dass Leistung stark von den persönlichen Eigenschaften der Schüler, wie ihrer Selbstwirksamkeit (self-efficacy) oder ihrer wahrgenommenen Selbstbestimmung (self-determination) und den Bedingungen der Lernumgebung abhängt (Bandura, 2001). Die wahrgenommene Selbstwirksamkeit (self-efficacy) ist eine der Hauptkomponenten von Motivation, sie bezieht sich darauf, wie sehr ein Schüler davon überzeugt ist, eine Aufgabe erfolgreich bewältigen zu können (Bandura, 1986). Studien zeigen, dass Selbstwirksamkeit Lernleistungen und Arbeitsplatzentscheidungen vorhersagen kann (Britner und Pajares, 2006; Pajares und Schunk, 2001). Eine weitere wichtige Motivationskomponente ist die Selbstbestimmung (self-determination). Sie bezieht sich auf die Kontrolle, die ein Schüler glaubt über sein Lernen zu haben (Black und Deci, 2000). Beispielsweise lässt das Maß der Selbstbestimmung Rückschlüsse auf die Bemühungen neue Informationen zu erlernen zu. Dies kann durch das Erledigen der Hausaufgaben, aktiver Beteiligung im Unterricht, dem Aufwenden zusätzlichen Lernens außerhalb des Unterrichts oder ähnlichen Lernaktivitäten geschehen. Die in dieser Arbeit ebenfalls untersuchte Berufsmotivation bezieht sich auf den Plan von Schülern, nach einer Karriere mit naturwissenschaftlichem Inhalt zu streben. Sie hat das Potential zu klären, ob

Schüler die Naturwissenschaften als Teil ihres zukünftigen Lebens sehen, das zeitlich über die nächste Notenvergabe hinausgeht.

Je mehr Schüler von ihren Lernfähigkeiten überzeugt sind, desto eher fühlen sie sich dem Lösen von Aufgaben gewappnet, strengen sich bereitwilliger an, arbeiten härter und widmen sich schwierigen Aufgaben länger und erzielen darüber hinaus bessere Leistungen (Britner, 2008; Schunk und Meece, 2005). Weiterhin kommt hinzu, dass Schüler mit hoher Lernmotivation auch mit höherer Wahrscheinlichkeit bessere Leistungen erzielen, da sie ein bestimmtes Lernverhalten an den Tag legen. Hierzu gehören beispielsweise das Stellen von Fragen, dem Einholen von Rat oder der aktiven Teilnahme am Unterricht (Pajares, 2002; Pajares und Schunk, 2001). Motivation fördert generell akademische Leistung (Britner, 2008; Bryan, Glynn und Kittleson, 2011; Britner und Pajares, 2001, 2006; Pajares, 1996; Cavallo, Potter und Rozman, 2004; Glynn, Taasobshirazi und Brickman, 2007). Ein Anstieg der Motivation sollte also eines der Hauptziele von gutem naturwissenschaftlichen Unterricht sein. Wenn Lehrer Motivationsdefizite in der Klasse kennen, könnten sie durch ihren Unterricht dem gezielt entgegenwirken. Um die Motivation von Schülern zu erfassen, bedarf es dabei zunächst einem verlässlichen Testinstrument, weswegen in dieser Arbeit zunächst die Struktur ausgewählter Subskalen des Science Motivation Questionnaire II von Glynn und Kollegen (2011) überprüft wurden und anschließend zum Einsatz kamen.

C.2 Fragestellungen und Ziele der Arbeit

Die vorliegende Arbeit basiert auf einer Unterrichtseinheit nach konstruktivistischem Ansatz. Hierbei wurde das Konzept von strukturiertem Inquiry-Lernen umgesetzt. Thema des Unterrichts war es, biologische und physikalische Kenntnisse zum Thema Hören zu vermitteln. Dieser Themenkomplex wird im Lehrplan des Faches Biologie für bayerische Gymnasien (KM, 2004A), G8, in der neunten Jahrgangsstufe aufgeführt (B9.1: Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung durch Nerven- und Hormonsystem; Thema: Sinnesleitungen: Grundlagen des Hörvorgangs, Schäden durch Lärmeinwirkung). Im Fachprofil Biologie (KM, 2004B) wird gefordert, dass Schüler beim selbstständigen Durchführen von Experimenten lernen zu beobachten, zu beschreiben und zu interpretieren. Sie sollen sich mit anspruchsvollen, anwendungsbezogenen Fragen auseinandersetzen, die fächerverbindendes, vernetztes Denken fördern. Durch biologische Inhalte soll zudem gefördert werden, dass Schüler zur Gesunderhaltung ihres Körpers beitragen. Das Fachprofil Physik (KM, 2004C) ergänzt hierzu, dass Schüler für Naturerscheinungen und deren Aufklärungen begeistert werden sollen. Der Unterricht soll Schüler dazu befähigen, sich nötiges Wissen im späteren Leben selbst aneignen

zu können. Darüber hinaus soll den Schülern kritisches Urteilsvermögen und Bereitschaft zur Übernahme von Verantwortung gelehrt werden. Ziel des Unterrichts dieser Arbeit war es, das Wissen der Schüler über Akustik und den Hörprozess des Menschen zu erweitern und anschaulich aufzuzeigen. Ziel war es darüber hinaus, dass durch die Unterrichtsform des Inquiry-basierten Unterrichts, das Gelernte besonders lange behalten werden sollte und die Schüler durch diese Art des Unterrichts motiviert werden.

Teilstudie A: Können Schüler durch Inquiry-Unterricht ihr Wissen steigern und dieses Wissen auch langfristig behalten?

In der ersten Teilstudie wurde vor allem untersucht, ob durch Inquiry-Unterricht Inhalte vermittelt und in wie Fern diese langfristig behalten werden können. Des Weiteren wurde die Eignung des strukturierten Inquiry-Unterrichtes für beide Geschlechter untersucht. Aufgrund von Hinweisen in der Fachliteratur wurde vermutet, dass Schüler durch Teilnahme an strukturierten Inquiry-Unterricht lernen und das Gelernte langfristig behalten können. Außerdem wurde vermutet, dass der Inquiry-Unterricht in beiden Geschlechtern zu vergleichbarem Wissenserwerb führt.

Auf eine Vergleichsstudie wurde verzichtet, da die Lehrmethode nicht als im Vergleich zu anderen Lehrmethoden besser oder schlechter bewertet werden sollte, sondern die Analyse im Vordergrund stand, ob durch diese Art des Unterrichts überhaupt die gewünschten Ziele erreicht werden können. Des Weiteren wäre die Konzeption und Durchführung eines „Nicht-Inquiry-Unterrichts“ schwierig gewesen. Die Struktur eines „Nicht-Inquiry-Unterricht“ ergibt sich nicht aus dem Umkehrschluss des Inquiry-Unterrichts, da dieser durch viele Aspekte gekennzeichnet ist, für die es mehr als eine alternative Unterrichtsmöglichkeit gibt. Zum Beispiel stünde dem Aspekt „selbstständiges Arbeiten in kleinen Gruppe“ die Möglichkeiten, „angeleitete Gruppenarbeit“, „Partnerarbeit“ oder auch „lehrerzentrierter Frontalunterricht“ gegenüber. Da sich, durch die große Anzahl an Durchführungsmöglichkeiten kein eindeutiges Bild von „Nicht-Inquiry-Unterricht“ abzeichnen würde, war Ziel und Zweck der Untersuchung, festzustellen, ob inquiry-konzipierter Unterricht generell zu den in der Literatur genannten Vorteilen führt.

Die konkreten Fragestellungen der Teilstudie A lauten:

1. Lernen Schüler Unterrichtsinhalte durch Inquiry-Unterricht hinzu?
2. Behalten Schüler durch Inquiry-Unterricht die erlernten Informationen langfristig?
3. Sind die in 1. und 2. genannten Auswirkungen von Inquiry-Unterricht für beide Geschlechter gleich?

Teilstudie B: Welche Faktoren während des Unterrichts geben Aufschluss über den Lernerfolg von Schülern?

In der zweiten Studie wurde der Einfluss der Variablen Anstrengung (effort), empfundene Nützlichkeit des Unterrichts (value/ usefulness) und wahrgenommene Lernkompetenz (perceived competence for learning; PCL) während des Unterrichts, auf den Wissenserwerb untersucht. Außerdem wurde der Einfluss der Fachnoten in Biologie und Physik auf den Wissenserwerb analysiert. Es wurde vermutet, dass große Anstrengung während des Unterrichts, ein hohes Maß empfundener Nützlichkeit des Unterrichts und eine hohe wahrgenommene Kompetenz für das Lernen während des Unterrichts, sowie gute Noten in den beiden im Unterricht enthaltenen Fächern sich positiv auf den Lernzuwachs auswirken würden.

Die konkreten Fragestellungen der Teilstudie B lauten:

Welchen Einfluss haben

1. die investierte Anstrengung während des Unterrichts gut zu sein,
 2. die empfundene Nützlichkeit des Unterrichts,
 3. die empfundene Lernkompetenz während des Unterrichts und
 4. die Schulnoten in den Fächern Biologie und Physik,
- auf das kurz- und langfristige Wissen von Schülern?

Teilstudie C: Kann die Motivation für Naturwissenschaften durch Inquiry-Unterricht gesteigert werden?

In der dritten Studie wurde untersucht, inwieweit sich die Motivation in Bezug zu den Naturwissenschaften durch Inquiry-Unterricht beeinflussen lässt. Die zu untersuchenden Facetten von Motivation gegenüber den Naturwissenschaften waren: Berufsmotivation (career motivation), Selbstwirksamkeit (self-efficacy) und Selbstbestimmung (self-determination). Darüber hinaus wurde die Item-Anzahl der Skala gekürzt, um bei der Anwendung in der Sekundarstufe I die Konzentration der Schüler beim Ausfüllen mehrerer Fragebögen aufrecht zu erhalten. Die gekürzte Skala wurde mit einer Hauptkomponentenanalyse auf ihre Struktur

überprüft. Es wurde erwartet, dass die drei so erhobenen Facetten der Motivation alle durch Inquiry-Unterricht gefördert werden können.

Die konkreten Fragestellungen der Teilstudie C lauten:

1. Bleibt die Struktur der Subskalen Berufsmotivation, Selbstwirksamkeit und Selbstbestimmung bei Kürzung der Item-Anzahl erhalten?
2. Ist die Struktur der SMQII-Skala zeitlich konstant?
3. Kann die Berufsmotivation, die Selbstwirksamkeit und die Selbstbestimmung von Schülern durch die Teilnahme an strukturiertem Inquiry-Unterricht beeinflusst werden?
4. Korrelieren die Variablen Berufsmotivation, Selbstwirksamkeit und Selbstbestimmung miteinander?
5. Stehen die Variablen Berufsmotivation, Selbstwirksamkeit und Selbstbestimmung im Zusammenhang mit dem Lernzuwachs oder den Noten in naturwissenschaftlichen (Biologie und Physik) oder nicht-naturwissenschaftlichen Fächern (Deutsch)?

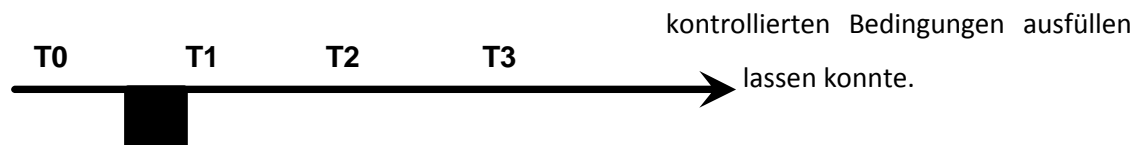
C.3 Methoden

C 3.1 Studiendesign und Teilnehmer

Für die vorliegende Arbeit wurden die Daten von 209 Schülern der neunten Jahrgangsstufe aus bayerischen Gymnasien ausgewertet. Die Stichprobenanzahl unterscheidet sich je nach Auswertungskombination verschiedener Variablen, da aufgrund der mehrfachen Erhebung innerhalb von 14 Wochen nicht alle Schüler zu allen Testzeitpunkten alle Fragebögen verwertbar ausfüllten (bspw. bei Krankheit, nicht oder nicht vollständig ausgefüllte Fragebögen). Personen, die innerhalb einer Skala, mindestens ein Item nicht auswertbar oder überhaupt nicht angekreuzten, wurden für diese Skala als Testperson aus der Untersuchung ausgeschlossen. Für alle anderen Skalen, die die Person jedoch ordnungsgemäß ausgefüllt hatte, verblieb diese in den Berechnungen. Da bei Betrachtung von Kombinationen von Skalen nur die Personen in die einzelnen Berechnungen einbezogen wurde, die alle in der Berechnung kombinierten Skalen ordnungsgemäß ausgefüllt hatten, können sich, auf Grund verschiedener Kombinationen innerhalb einer Teilstudie, ebenfalls leicht abweichende Stichproben ergeben. Über die Größe der Stichprobe je Teilstudie, sowie der in Berechnungen mit einbezogenen Stichprobengrößen, wird in den einzelnen Studien und Berechnungen eingegangen. In Teilstudie A gingen Daten von 138 Schülern ein, in Teilstudie B 126 und in Teilstudie C 209.

Die Teilnehmer waren im Durchschnitt 15,1 Jahre alt ($SD=+/-0.55$) und stammten aus zehn verschiedenen Klassen und vier verschiedenen Schulen. Das Geschlechterverhältnis war annähernd gleich (48% Mädchen). Zusätzlich nahmen an der Studie 64 Schüler aus drei Klassen (42% Mädchen; 14,80 Jahre ($SD=+/-0,52$)) als Kontrollgruppe teil. Die Schüler der Kontrollgruppe füllten die Fragebögen in gleicher Weise aus, nahmen aber am Inquiry-Unterricht nicht teil. Sie erhielten in den vierzehn Wochen der Datenaufnahme auch keinen Unterricht, der dem Inhalte des Inquiry-Unterrichtes ähnelte. Diese Gruppe diente vor allem der Überprüfung, ob der Lernzuwachs nicht alleine durch mehrfaches Ausfüllen des Fragebogens erreichbar ist, sondern eine Konsequenz des Inquiry-Unterrichtes sei. Alle Schüler waren Novizen im unterrichteten Lerninhalt. Vor der neunten Jahrgangsstufe werden die menschlichen Sinne nur in ihren Grundzügen in der fünften Jahrgangsstufe vorgestellt (KM 2004D, NT5.2.2), eine Einführung in den Themenbereich Schall ist ebenfalls in der fünften Jahrgangsstufe gegeben (KM, 2004D, NT5.1.2).

Das Versuchsdesign war quasi-experimentell (Mertens, 2010), da ganze Klassen teilnahmen, die Teilnehmer also nicht weiter randomisiert wurden. Der Inquiry-Unterricht wurde vom Autor dieser Arbeit in den Klassenräumen der jeweiligen Schule durchgeführt. So wurde gewährleistet, dass die Schüler in ihrer gewohnten Umgebung am Unterricht teilnehmen konnten und alle Klassen auf gleiche Art und Weise durch die Lehrmaterialien geführt wurden. Die Erhebung der in dieser Arbeit vorgestellten Daten erfolgte mit Hilfe von ausgedruckten Fragebögen (Paper & Pencil-Tests). Die Fragebögen setzten sich dabei aus verschiedenen Skalen zusammen, die durch Likert-Skalen bewertet werden konnten und einem Wissenstest, der durch ein Multiple-Choice-Verfahren zu beantworten war. Die Befragung erfolgte zu vier Zeitpunkten: Zwei Wochen vor dem Unterricht (T0), direkt nach dem Unterricht (T1), sechs (T2) und zwölf Wochen nach dem Unterricht (T3) (Grafik 1). Der Fragebogen direkt nach dem Unterricht wurde vor Ort von mir ausgeteilt. Die Fragebögen zu den anderen drei Testzeitpunkten, wurden dem Fachlehrer der Klasse zugesandt, so dass er diese von der Klasse an vorgegebenen Tagen und unter



Grafik 1: Übersicht über die Abfolge der vier Testzeitpunkte. Schwarze Fläche = Inquiry-Unterricht, T0= zwei Wochen vor dem Unterricht, T1= direkt nach dem Unterricht, T2= sechs Wochen nach dem Unterricht, T3= zwölf Wochen nach dem Unterricht.

Die Erhebung vor dem Unterricht wurde durchgeführt, um die gegenwärtige Bewertung in den abzufragenden Variablen zu erfassen, er diene als Ausgangspunkt um etwaige Veränderungen durch den Unterricht festzustellen. Die Erhebung direkt im Anschluss an den Unterricht diene der Erfassung der unmittelbar durch die Teilnahme veränderten Variablen. Außerdem wurden hier zusätzliche Variablen erfasst, die sich explizit auf den Unterricht bezogen. Die Behaltenstests, sechs und zwölf Wochen nach dem Unterricht, dienten zur Überprüfung der Bewertung der Variablen. Sie dienten somit der Überprüfung des langfristigen Einflusses des Unterrichts. Durch einen individuellen Code konnten die vier Tests jeder Testperson einander zugeordnet werden. Das Ausfüllen der Fragebögen je Testzeitpunkt dauerte circa 40 Minuten.

C 3.2 Erhebungsinstrumente und Datenauswertung

Die Genehmigung der Datenerhebung mittels Fragebögen an bayerischen Gymnasien erfolgte durch das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus (II.7-5 O 6106/34/29). In den drei Teilstudien wurden insgesamt vier verschiedene Skalen mit ausgewählten Subskalen verwendet. Von diesen vier wurden zum Testzeitpunkt direkt nach dem Unterricht (T1) zwei Skalen verwendet, die ausschließlich hier verwendet wurden. Die übrigen Skalen wurden zu allen Testzeitpunkten verwendet. Zusätzlich enthielten die eingesetzten Fragebögen noch drei Skalen und eine Konzeptkarte, die in den Teilstudien A-C nicht verwendet wurden.

Teilstudie A: Können Schüler durch Inquiry-Unterricht ihr Wissen steigern und dieses Wissen auch langfristig behalten?

In Teilstudie A wurde die ad-hoc Skala zum Fachwissen der Schüler eingesetzt. Diese Skala bestand zunächst aus 20 Multiple-Choice-Items, mit vier Antwortmöglichkeiten, wobei immer nur eine Antwort richtig war. Der Item-Schwierigkeitsindex (Zöfel, 2002) wurde für jedes Item berechnet. Items, die bereits im Vortest (T0) von mehr als 80% der Schüler richtig beantwortet werden konnten, wurden aus der Analyse ausgeschlossen, da sie für die Analyse deswegen nicht bedeutsam gewesen wären. Die Anzahl der ausgewerteten Items des Wissensfragebogens reduzierte sich deshalb auf 17. Da wiederholtes Ausfüllen von identischen Fragebögen eventuell zu Lernzuwachs führen kann (Keeves, 1998), wurde den Schülern zuvor nicht gesagt, dass sie die Fragebögen für die Studie mehrfach ausfüllen müssen. Zusätzlich wurde die Reihenfolge der Wissensfragen, sowie die Anordnung der vier Antwortmöglichkeiten innerhalb einer Multiple-Choice-Frage, für jeden Testzeitpunkt durch Berechnung einer Zufallszahl platziert. Die generelle, mittlere Item-schwierigkeit lag bei 50,3%, d.h. im Durchschnitt konnten die Personen 50% der Fragen richtig beantworten (T0=30.2%, T1=67.0%, T2=52.9% T3=51.1%). Der Multiple-Choice-Test hatte einen mittleren Reliabilitätsindex von 0,67 (Cronbach's Alpha: T0=0,632, T1=0,709, T2=0,647, T3=0,679).

Die Wissensfragen bezogen sich auf kognitive Inhalte des durchgeführten Unterrichts. Im Speziellen also auf Fakten, Zusammenhänge und Verständnis zum Thema Akustik und menschliches Ohr. Thematisch waren Fragen zur Biologie und Physik enthalten. Alle Skalen sind in ihrer eingesetzten Gänze im Anhang aufgeführt (Gliederungspunkt F).

Teilstudie B: Welche Faktoren während des Unterrichts geben Aufschluss über den Lernerfolg von Schülern?

In Teilstudie B wurde untersucht, in wie fern die Anstrengung gut zu sein (effort), die Bewertung des Unterrichts (value/ usefulness) und die wahrgenommene Lernkompetenz (PCL) der Schüler während des inquiry-basierten Unterrichts Aufschluss über den kurz- und langfristigen Wissenserwerb geben. Darüber hinaus wurde der Einfluss der Fachnoten in Biologie und Physik auf den Wissenserwerb untersucht. Die Variablen Effort und Value entstammen dem 'Intrinsic Motivation Inventory' (IMI; Deci und Ryan, 1985). Sie bilden darin zwei Subskalen: Effort/Importance (IMI-E; vier Items; Cronbach's alpha = 0,8; z.B., "Ich habe mich sehr angestrengt für diese Aufgabe") und Value/ Usefulness (IMI-V; sechs Items; Cronbach's alpha = 0,73; z.B., "Ich glaube, dass diese Übung für mich von Wert sein könnte"). Die Variable der wahrgenommenen Lernkompetenz wurde durch die 'Perceived Competence for Learning Scale' (PCL; Williams und Deci, 1996) erhoben (vier Items, keine Subskalen, Cronbach's Alpha = 0,79, z.B. "Ich bin überzeugt davon, dass ich den Inhalt dieses Materials lernen kann"). Alle Skalen waren mit einer 5-Punkt-Likert-Skala ausgestattet, die die Bewertung jedes Items von 1 „stimmt gar nicht“ bis 5 „stimmt voll und ganz“ ermöglichte. Jede dieser Skalen spiegelt die Meinung der Schüler in Bezug auf den durchgeführten Unterricht wieder, die allgemeine Meinung zu den Variablen wurde hiermit nicht erfasst. Beispielsweise bezogen sich die Fragen auf die eingesetzte Anstrengung in explizit diesem Unterricht gut zu sein und nicht etwa auf die allgemeine Anstrengung im generellen Biologieunterricht.

Teilstudie C: Kann die Motivation für Naturwissenschaften durch Inquiry-Unterricht gesteigert werden?

In Teilstudie C wurde der Einfluss des strukturierten Inquiry-Unterrichts auf die Motivation der Schüler gegenüber Naturwissenschaften untersucht. Dazu wurden drei Subskalen des Science Motivation Questionnaires II (SQM; Glynn, Brickman, Armstrong und Taasobshirazi, 2011) verwendet. Die verwendeten Subskalen behandeln die Motivation Naturwissenschaften in seine Karrierepläne mit einzubeziehen (career motivation), der Selbstwirksamkeit, in naturwissenschaftlichen Fächern (self-efficacy) und der Selbstbestimmung in naturwissenschaftlichen Fächern (self-determination). Darüber hinaus wurden die Subskalen des Messinstruments von je fünf, auf je vier Items gekürzt und einer

Hauptachsenfaktorenanalyse (PAF) unterzogen, um die Struktur der Skala zu überprüfen. Durch solch eine Überprüfung fremder Skalen, kann die Qualität der Aussagen, die durch den Einsatz der Skala zustande kommen erhöht werden. Alle Skalen waren mit einer 5-Punkt-Likert-Skala ausgestattet, die die Bewertung jedes Items von 1 „stimmt gar nicht“ bis 5 „stimmt voll und ganz“ ermöglichte. Darüber hinaus wurden die von den Schülern angegebenen Schulnoten in den Fächern Biologie, Physik und Deutsch, sowie die vier Wissenstests, zur Motivation der Schüler in Bezug gesetzt.

C 3.3 Intervention

Alle drei Teilstudien der hier vorgelegten Arbeit basieren auf der Unterrichtseinheit „Hören – Wie machen wir das?“. Die Unterrichtseinheit verknüpft biologische und physikalische Inhalte zu den Themen menschliches Ohr und Akustik und vermittelt diese nach dem Vorbild strukturierten Inquiry-Unterrichts. Der Unterricht wurde jeweils in den Klassenräumen der jeweiligen Schule durchgeführt. Alle Klassen wurden von derselben Person (der Autorin) angeleitet und betreut, um die zeitlichen, strukturellen und inhaltliche Bedingungen für alle Klassen möglichst identisch zu halten. Inhalt und Anspruchsniveau entsprachen dem bayerischen Gymnasiallehrplan Biologie für die neunte Jahrgangsstufe (KM, 2004A; B9.1). Inhalt und Struktur wurden von der Autorin selbst entworfen. Die finale Version wurde an Probeklassen getestet um letzte Mängel zu beseitigen. Die Unterrichtseinheit ist für drei Schulstunden konzipiert und beinhaltet vier Themenblöcke. Diese werden von den Schülern, in Kleingruppen zu vier Personen, mit Hilfe eines Arbeitsheftes und zur Verfügung gestellten Materialien, eigenverantwortlich erkundet und bearbeitet. Der Lehrer nimmt dabei die Rolle eines außenstehenden Beraters ein und greift nur ein, wenn unlösbare Probleme in den Gruppen auftreten. Von Zeit zu Zeit kann der Lehrer jedoch nachfragen, an welchem Punkt eine Gruppe gerade arbeitet und wie die Schüler auf eine bestimmte Antwort gekommen sind. Die Gruppen arbeiten nicht gegeneinander und innerhalb der Gruppe bilden die Schüler ein Team, das die Inhalte des Arbeitsheftes gemeinschaftlich erarbeitet.

Um zu verhindern, dass bestimmte Schüler sich nur auf eine Art von Aufgaben innerhalb des Teams versteifen, wurden für jedes Teammitglied Rollen vergeben, welche nach jeder erledigten Aufgabe von den Schülern selbstständig durchgewechselt wurden. Darüber hinaus verhinderte diese Aufteilung von klaren Aufgaben auch, dass Schüler unbeteiligt bleiben konnten, sondern zu einem wichtigen Teil des Teams wurden. Die vier Rollen waren: 1. Text des Arbeitsheftes vorlesen, 2. Materialien holen und aufbauen, 3. Durchführung des Versuches, 4. Aufschreiben der Antwort, auf die sich die Gruppe geeinigt hat. Durch den schülerzentrierten, problemlöse-orientierten Aufbau des Unterrichts, waren die Schüler gefordert Eigenverantwortung für ihr Lernen zu übernehmen. Die Schüler beschäftigten sich mit den

Lerninhalten auf mehreren Ebenen, wie beispielsweise: Lesen, Vorlesen, haptisches Modifizieren von Modellen und Versuchsaufbauten, Beobachten, Diskutieren, schriftliches Festhalten. Die Wahrnehmung von Informationen auf mehreren Ebenen ist für Inquiry-Unterricht typisch.

C 3.3.1 Beschreibung der vier Themenblöcke der Unterrichtseinheit

Anmerkung: Das gesamte Arbeitsheft von „Hören – wie machen wir das?“ befindet sich aus urheberrechtlichen Gründen in einem gesonderten Anhang, welcher dieser Arbeit beiliegt.

Im Folgenden werden die Inhalte der vier Themenblöcke des Unterrichts „Hören – wie machen wir das?“ kurz vorgestellt. Jeder der vier Themenblöcke untergliedert sich in mehrere Unterthemen, wobei die Schüler zunächst einen Informationstext lesen, der sie auf ein Phänomen aufmerksam macht und Grundinformationen liefert. Dieses Phänomen sollten die Schüler nachfolgend verstehen und mit der gelesenen Theorie verknüpfen. Hierzu wurden oft Vergleiche beschrieben, die die Schüler an das Phänomen heranführten. Zum Schluss wurden die Schüler aufgefordert ein Experiment oder ein Modell nach Anleitung aufzubauen und sich darüber klar zu werden, was mit dessen Hilfe erklärt werden kann. Danach führten die Schüler das Experiment nach Anleitung durch. Zu jedem Experiment oder Modell gab es eine Reihe kurzer Fragen, deren Antworten die Schüler aus ihren Beobachtungen ableiten mussten. Die Erkenntnisse der Schüler wurden anschließend oft mit Lückentexten, Bewertung von Aussagen oder Texten, aus denen an gekennzeichneten Stellen das falsche von zwei Wörtern gestrichen werden musste, gefestigt. Die Themen des Arbeitsheftes bauen aufeinander auf, sodass Schüler Erkenntnisse, die sie am Anfang des Unterrichts sammeln, später wieder aufgreifen und mit neuen Informationen verknüpfen können. Thematisch gliedert sich die Unterrichtseinheit so auf, dass die Schüler sich zunächst über Schall und dessen Eigenschaften informieren, danach das Außen-, Mittelohr kennenlernen, anschließend das Innenohr erkunden und zum Schluss Informationen über die Grenzen des Hörens sammeln.

Thema 1 – Was ist ein Geräusch?

Thema 1 ist in vier Unterpunkte gegliedert, in denen von den Schülern insgesamt fünf Experimente durchgeführt werden. Sein Umfang beträgt sechs DIN-A4-Seiten im Arbeitsheft. Inhaltlich lernen die Schüler im Themenblock 1 wie ein Geräusch entsteht, wie sich die Schallwelle durch den Raum bewegt, den Unterschied zwischen Geräusch und Ton und die Eigenschaften Frequenz und Amplitude kennen (je ein Versuch).

Thema 2 – Wie hören wir?

Thema 2 ist in zwei Unterpunkte gegliedert und hat einen Umfang von fünf DIN-A4-Seiten. Die Schüler führen zwei Experimente durch. Inhaltlich werden Aufbau und Eigenschaften des Außenohrs und des Mittelohrs beschrieben. Die Experimente beziehen sich hierbei auf das Mittelohr.

Thema 3 – Wie unterscheiden wir Frequenzen?

Thema 3 ist in drei Unterpunkte untergliedert, in denen die Schüler zwei Experimente durchführen. Sein Umfang beträgt sechs DIN-A4-Seiten. Es werden die Themen Resonanz und Eigenfrequenz, der Aufbau des Innenohres mit besonderem Blick auf den Aufbau des Corti'schen Organs und die Grundmembran betrachtet. Die Experimente werden zur Resonanz und zur Grundmembran durchgeführt.

Thema 4 – Die Grenzen des Hörens

Thema 4 ist in drei Unterpunkte gegliedert. Die Schüler lernen die natürlichen Grenzen des menschlichen Hörbereichs und Methoden zum Schutz vor Lärm kennen. Hierzu werden drei Experimente durchgeführt. Zum Schluss fasst ein kurzes Video das behandelte Thema Ohr noch einmal zusammen.

C. 4 Ergebnisse und Diskussion

Die hier vorgelegte Studie aus den Teilstudien A, B und C befasst sich mit strukturiertem Inquiry-Unterricht und dessen Auswirkungen auf den generellen Lernerfolg, auf das kurz- und langfristige Behalten von Fachwissen und auf die Motivation der Schüler für Naturwissenschaften. Darüber hinaus befasst sich die Arbeit damit ob die aufgewendete Anstrengung während des Unterrichtes, die Wertschätzung des Unterrichtes, die wahrgenommenen Lernkompetenz oder die Fachnoten dazu genutzt werden können langfristigen Wissenserwerb hervorzusagen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der drei Teilstudien vorgestellt und diskutiert. Abschließend werden die Ergebnisse in einem Gesamtfazit zusammengefasst und ihre Bedeutung für Forschung und Lehre diskutiert.

C 4.1 Teilstudie A: Können Schüler durch Inquiry Unterricht ihr Wissen steigern und dieses Wissen auch langfristig behalten?

In Teilstudie A wurde vornehmlich der Einfluss von strukturiertem Inquiry-Unterricht auf den Wissenserwerb und das mittel- und langfristige Behalten von Wissen untersucht.

Langfristiger Wissenserwerb

Zunächst wurde festgestellt, dass das Verlaufsmuster des Wissenstandes der Schüler vom Zeitpunkt vor dem Unterricht (T0) zum Zeitpunkt sechs Wochen nach dem Unterricht (T2) einem bekannten Verlauf von Lernen und Vergessen folgt (z.B. Heyne und Bogner, 2012; Geier und Bogner, 2010). Dabei wird der Wissensstand von Schülern durch Teilnahme am Unterricht zunächst erhöht und sinkt dann nach sechs Wochen (T2), im Vergleich zu direkt nach dem Unterricht (T1) wieder ab. Nach sechs Wochen haben die Schüler in dieser Arbeit einige Informationen, die sie durch den Unterricht gelernt hatten, wieder vergessen. Allerdings fallen die Schüler dabei nicht auf ihr Ausgangsniveau von vor dem Unterricht (T0) zurück. Sie behalten durch die Teilnahme am strukturierten Inquiry-Unterricht also mittelfristig (T2) ein erhöhtes Wissenslevel. Da außer dem drei Stunden langen Unterricht keine weiteren Lern- oder Reflexionsphasen zum Thema durchgeführt wurden, spiegelt das Wissen in den Wissenstests das Wissen wieder, das direkt durch die aktive Teilnahme am Unterricht gelernt wurde. Auch, dass die Kontrollgruppe, die nicht am Unterricht teilnahm, keinen Lernzuwachs aufweisen konnte, spricht dafür, dass der Lernzuwachs der Teilnahme am strukturierten Inquiry-Unterricht zuzusprechen ist. Auch Marx, Blumenfeld, Krajcik, Fishman, Soloway, Geier und Tal (2004) konnten zeigen, dass Schüler ihr Wissen signifikant steigern konnten, wenn sie an Inquiry-Unterricht teilnahmen.

Da dieser Verlauf der Wissensvariable, wie bereits erwähnt, häufig beobachtet wird, interessierte mich zusätzlich, wie sich der Verlauf nach den sechs Wochen weiter verändern würde. Man könnte vermuten, dass das bis dahin behaltene Fachwissen der Schüler weiter absinkt, da es sechs Wochen nach Teilnahme am Unterricht bereits reduziert war. Ziel von Unterricht ist es aber, Wissen in Schülern möglichst langfristig zu verankern. Um den weiteren Verlauf der Wissensvariable zu überprüfen, wurde in dieser Studie ein vierter Testzeitpunkt zum Abfragen des Fachwissens eingeführt. Die zusätzliche Messung nach insgesamt zwölf Wochen nach Teilnahme am strukturierten Inquiry-Unterricht ergab, dass die Schüler zwischen Woche sechs und Woche zwölf ihren Wissensstand konstant halten konnten. Dieses Ergebnis weist stark darauf hin, dass es mit Hilfe des hier eingesetzten strukturierten Inquiry-Unterrichts möglich ist, Schülern Inhalte langfristig zu vermitteln. Es ist bekannt, dass schülerzentrierter Unterricht positive Auswirkungen auf das Langzeitgedächtnis haben kann. Anderson (1997) schreibt hierzu, dass die aktive Beteiligung des Lernenden die Aktivierung von neuronalen Netzen erhöht. Dies sei besonders dann der Fall, wenn die Aufgaben problem-orientiert gestellt sind. Multimodales Lernen fördere die Bildung stabiler neuronaler Netze und die Bildung neuer Verknüpfungen im neuronalen Netzwerk. Dadurch würde die gewonnene Information gefestigt und der spätere Zugriff auf die Information erleichtert. Dies könnte erklären, weswegen die

Schüler in der hier vorliegenden Studie zu strukturiertem Inquiry-Unterricht, ihr Wissen zwischen Woche sechs und Woche zwölf auf demselben Level halten konnten. Das Wissen, das sechs Wochen nach dem Unterricht noch abrufbereit gespeichert war, konnte so gespeichert werden, dass es ohne weitere Verluste auch noch nach zwölf Wochen abgerufen werden konnte.

Nuthall fand 1995 heraus, dass das Erinnern einer richtigen Antwort nach mehreren Wochen stark mit dem Abrufen der ursprünglichen Lernsituation verbunden war. Daher könnte es sein, dass die Eigenarten des strukturierte Inquiry-Unterrichts dazu geführt haben, dass die Schüler ihr Wissen langfristig (mindestens zwölf Wochen) behalten haben. Im strukturierten Inquiry-Unterricht mussten die Schüler Verantwortung für ihr Lernen übernehmen indem sie das Arbeitsheft bearbeitet und Experimente in ihrer Gruppe durchgeführt haben. Durch diese Art des Arbeitens waren die Schüler beim Lernen der Inhalte der vier Themenblöcke aktiv involviert. Beispielsweise mussten sie sich Hintergrundinformationen zu Phänomenen anlesen, Modelle testen und sich überlegen wie das Model dem tatsächlichen Phänomen entspricht; sie mussten Lückentexte ausfüllen und den Wahrheitsgehalt von Aussagen bewerten; um gemeinsam zu einer Antwort zu kommen, mussten sie in der Gruppe diskutieren und ihre Überlegungen und Ideen mit den anderen Gruppenmitgliedern teilen. Diese Art der multimodalen Beschäftigung mit Information bot wahrscheinlich eine breite Basis um später im Wissenstest die richtigen Antworten abzurufen. Dabei schlussfolgerte Nuthall (1995) aus seiner Studie, dass Schüler, die in Tests besser abschneiden, nicht unbedingt deshalb besser abschneiden, weil sie mehr Antworten kennen, sondern weil sie mehrere parallele Wege zum Lösen der Frage kennen, was ihnen bei der Beantwortung hilft. Ähnliche Ergebnisse kommen auch von Blank (2000), er fand heraus, dass Schüler, die ihr bisheriges Wissen und ihre Ideen im Inquiry-Kurs artikulieren mussten, im Vergleich zu Schülern, die dasselbe Inquiry-Programm durchlaufen hatten, aber die nicht explizit zum Artikulieren ihres Wissens und ihrer Ideen aufgefordert worden waren, langfristig in einem Wissenstest besser abschnitten. Dabei schnitten beide Testgruppen vor und direkt nach dem Unterricht in einem Wissenstest gleich gut ab, aber die Artikulationsgruppe schnitt bei Wiederholungen des Tests nach zwei und sechs Monaten deutlich besser ab. Die Schüler in meinem Inquiry-Unterricht mussten aktiv über die gelesenen und aus den Beobachtungen abgeleiteten Informationen nachdenken und diese mit ihren Teammitgliedern besprechen. Daher komme ich zu dem Schluss, dass die aktive geistige und körperliche Beteiligung der Schüler am Unterricht dazu geführt hat, dass ihnen die Erinnerungen an den Unterricht und dessen Inhalte sehr lebendig im Gedächtnis blieben, was es ihnen erleichterte, auch noch nach zwölf Wochen, auf die gelernten Informationen zurückzugreifen. Obwohl der strukturierte Inquiry-Unterricht nur drei Stunden dauerte, konnten

signifikante langfristige Steigerungen im Fachwissen der Schüler erzielt werden. Zudem gibt es Studien (Geier, Blumenfeld, Marx, Krajcik, Fishman, Soloway und Clay-Chambers, 2008; Furtak et al., 2009), die darauf hinweisen, dass die positive Wirkung von Inquiry-Unterricht auf den Wissenszuwachs kumulativer Natur ist. Dies sollten klare Hinweise darauf sein, dass ein häufigerer Einsatz strukturierten Inquiry-Unterrichts auf Grund seines positiven Einflusses auf den langfristigen Wissenserwerb, im Schulalltag überdacht werden sollte.

Eignung für beide Geschlechter

Über die Erkenntnis des langfristigen Wissenszuwachses hinaus, wurde in Teilstudie A festgestellt, dass sich der eingesetzte Inquiry-Unterricht für beide Geschlechter, bzw. für Schüler mit hohem und niedrigem Vorwissen eignet. Obwohl die Jungs ein höheres Vorwissen aufwiesen als die Mädchen, wurde der Wissenstand beider Geschlechter durch den Unterricht ausgeglichen. Bereits direkt nach dem Unterricht, konnte kein Unterschied mehr zwischen dem Wissenslevel der Jungen und der Mädchen festgestellt werden – und dies obwohl beide Geschlechter durch den Unterricht signifikant dazu gelernt hatten. Auch Geier und Kollegen (2008) fanden heraus, dass die Teilnahme an mindestens einem Inquiry-Kurs zu einer Verringerung des Geschlechterunterschieds im Wissen führte, indem die zuvor schlechtere Schülergruppe durch den Inquiry-Kurs an das Niveau der zuvor besseren Schüler herangebracht wurde. Auch hier war es also möglich scheinbar benachteiligte Schüler durch Inquiry-Unterricht nicht weiter zu benachteiligen, da ihr Wissensdefizit ausgeglichen werden konnte. Teilstudie A trägt damit zu den Erkenntnissen bei, dass Inquiry-Unterricht dabei helfen kann, das Wissensniveau in einer Klasse mit unterschiedlichem Vorwissen zu verringern, in dem er besonders für die bis dahin eher benachteiligten Schüler hilfreich ist ohne die lernstärkeren Schüler zu unterfordern.

Die Angleichung des Wissenslevels für Mädchen und Jungen, könnte eventuell auch dem Geschlechtergefälle in den MINT-Berufen (BMBF, 2008; BBW, 2013) entgegenwirken, da sich dann eventuell mehr junge Menschen und eben auch vermehrt Mädchen für ein Studium in den MINT-Fächern begeistern würden. Die schülerzentrierte Art und Weise, bei der Schüler in kleinen Gruppen, in ihrem Tempo und mit wenig Wettkampfatmosphäre lernen können, kann vor allem den Schülern Zugang zu Lernmaterial und -inhalt öffnen, die unter anderen Umständen eventuell gehemmt wären Fragen zu stellen oder sich an Diskussionen im Plenum zu beteiligen, weil sie den Eindruck haben könnten, die Sache nicht verstehen zu können oder sich vor sozialer Ächtung fürchten.

C 4.2 Teilstudie B: Welche Faktoren während des Unterrichts geben Aufschluss über den Lernerfolg von Schülern?

In der Teilstudie B wurde zunächst untersucht, in wie weit die Anstrengung der Schüler im strukturierten Inquiry-Unterricht gut zu sein, ihre empfundene Lernkompetenz (perceived competence for learning, PCL) und ihre Bewertung für den Unterricht (value/ usefulness) mit dem Abschneiden in den darauf folgenden Wissenstests (T1, T2, T3) in Zusammenhang stehen. Außerdem wurden die Ergebnisse des Wissenstests (T0, T3) mit den Schulnoten in den Fächern Biologie und Physik in Bezug gesetzt, um zu untersuchen, ob die Noten in naturwissenschaftlichen Fächern Indikatoren für kurz- und langfristigen Wissenserwerb darstellen.

Einfluss auf den kurzfristigen Wissenserwerb

Zu aller erst scheint es, dass die ausgesuchten Variablen dieser Studie für den kurzfristigen Wissenserwerb (T1) eine untergeordnete Rolle spielen. Ihr Effekt scheint davon überlagert zu werden, dass es den meisten Schülern direkt im Anschluss an den Unterricht (T1) möglich war, im Wissenstest gut abzuschneiden, unabhängig von ihrer investierten Mühe, ihrer Wertschätzung für den Unterricht oder ihrer wahrgenommenen Lernkompetenz.

Einfluss auf den langfristigen Wissenserwerb

Von den drei untersuchten Charakteristika, die in dieser Studie untersucht wurden, hat die Bemühung im Unterricht gut zu sein den gleichmäßigsten (T2, T3) Einfluss auf das Behalten von Fachwissen. Das bedeutet, dass die Schüler, die sich während des Inquiry-Unterrichts bemüht hatten gut zu sein, auch die Schüler sind, die nach sechs und zwölf Wochen im Wissenstest noch immer hohe Punktzahlen erreicht haben. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass die Bemühung im Unterricht gut zu sein, die ein Schüler während eines strukturierten Inquiry-Unterrichts investiert, ein gutes Indiz für dessen langfristigen Wissenserwerb für bis zu zwölf Wochen sein kann. Graham und Golan (1991) haben gezeigt, dass Schüler, die sich auf die Verbesserung ihrer Leistungen im Vergleich zu ihren bisherigen Leistungen konzentrieren, anstatt ihre Leistungen mit den Leistungen anderer Schüler zu vergleichen, Lerninhalte besser behalten konnten. Dieser Effekt könnte auch in dem von mir angebotenen Inquiry-Unterricht gefördert worden sein, da die Schüler in Kleingruppen als Team zusammen arbeiteten und die Gruppen nicht in Konkurrenz zueinander gestellt wurden, da diese unabhängig voneinander arbeiteten.

Wenn der kurze Fragebogen zur Anstrengung im Unterricht gut zu sein im Schulalltag öfter Verwendung finden würde, könnten eventuell Muster im Lehrstoff, den Lehrmethoden oder den Klassenstufen entdeckt werden, auf die die Schwankungen in der Bemühung zurückzuführen sein könnten. Wenn bekannt wäre, unter welchen Bedingungen sich die

Mehrheit der Schüler (nicht) im Unterricht anstrengt, könnte der Unterricht entsprechend angepasst werden, um die Mehrheit der Schüler zu motivieren sich im Unterricht anzustrengen, was letztlich zu verbesserten langfristigen Lernleistungen führen könnte. Der Aufbau von langfristigem Wissen ist die essentielle Basis um neue Informationen mit dem bereits Gelernten zu verknüpfen. Nur wenn Informationen verlässlich abgerufen werden können, können Schüler diese in neuen Schulstunden und höheren Klassenstufen einsetzen um diese mit neuen Informationen zu verknüpfen. Wissen, welches nur kurzfristig zur Verfügung steht und bald vergessen wird, ist von geringem Nutzen um Schüler auf eine erfolgreiche Schulzeit und auf die Anforderungen im Berufsleben vorzubereiten. Blumenfeld, Soloway, Marx, Krajcik, Guzdial, und Palincsar (1991) behaupteten, dass es nicht genug sei, Schülern gute Lernumgebungen zur Verfügung zu stellen, sondern dass es darüber hinaus nötig sei, dass Schüler auch bereit sein müssten, sich anzustrengen um Informationen zu erhalten, Lösungswege zu erdenken oder zu testen und Ergebnisse zu bewerten. Im strukturierten Inquiry-Unterricht, an dem die Schüler in dieser Studie teilnahmen, führten die Schüler selbst Versuche durch und wurden aufgefordert ihre Ideen zu überprüfen um ein gestelltes Problem oder eine Aufgabe zu lösen. Die überdurchschnittliche Bewertung der Variable sich im Unterricht bemüht zu haben (effort) und der positiven Korrelation zum langfristigen Behalten von Wissen nach sechs und zwölf Wochen, weist darauf hin, dass strukturierter Inquiry-Unterricht, wie er in dieser Studie eingesetzt wurde, ein guter Ausgangspunkt zu sein scheint, um diese beiden positiven Eigenschaften zu fördern. Darüber hinaus scheint er ein guter Ausgangspunkt für Untersuchungen zu sein, die sich damit Beschäftigen welche Faktoren des strukturierten Inquiry-Unterrichts genau die Schüler dazu motiviert, ein erhöhtes Maß an Anstrengung im Unterricht einzusetzen.

Die Variable Wertschätzung des Unterrichts (value/usefulness) scheint das Wissen bzw. das Behalten von Wissen der Schüler nicht zu beeinflussen, sie steht in der hier vorliegenden Studie in keinem Zusammenhang zur Lernleistung. Dieses Ergebnis ähnelt dem von Shepardson und Pizzini (1994), die herausfanden, dass Schüler Unterricht oder Aufgaben als uninteressant bewerteten, ihre Lernleistungen aber dennoch gut waren. Sie schlussfolgerten hieraus, dass positive Wahrnehmung von Lernaktivitäten kein hinzureichender Indikator für Lernleistung sei. Dieses Ergebnis könnte Lehrpersonen freuen, die Themen vermitteln müssen, die bei ihren Schülern auf wenig Begeisterung stoßen. Obwohl manche Themen und Lehrmethoden bei Schülern mehr bzw. weniger beliebt sind, sollte dies offenbar ihren Lernerfolg weder hemmen noch fördern. Allerdings wurde hier nur eine Inquiry-Unterrichtseinheit betrachtet, weswegen eine Verallgemeinerung auf andere Lehrsituationen noch nicht möglich ist. Von anderen Autoren (Eccles et al., 1998; Wigfield, Eccles und Schiefele, 2002) wurde bereits herausgefunden, dass die Wertschätzung des Unterrichts die Belegung von weiterführenden

Kursen besser vorhersagen kann als es die Lernleistungen der Schüler vermag. Somit ist die Wertschätzung des Unterrichts zwar nicht unbedingt ein Maß für die Lernleistung, aber dennoch ein wichtiger Faktor um Schüler langfristig für ein Fach zu begeistern.

Die Variable wahrgenommene Lernkompetenz (PCL) korrelierte mit dem Wissenstest nach sechs aber nicht nach zwölf Wochen. Offenbar war die wahrgenommene Lernkompetenz der Schüler während des Unterrichts für das Beantworten der Wissensfragen nach sechs Wochen hilfreich, aber nicht mehr für die Beantwortung des Wissenstests nach zwölf Wochen. Der spätere Zeitpunkt könnte schon so lange her gewesen sein, dass die Schüler sich gegebenen Falls gar nicht mehr so genau daran erinnern konnten wie groß ihre wahrgenommene Kompetenz damals gewesen ist, sondern sich eher nur noch an die aus dem Unterricht extrahierten Informationen erinnerten, die sie währenddessen gelernt hatten. Deshalb wären zum Beantworten der Fragen nach zwölf Wochen nur noch die herausgefilterten Fakten aber nicht mehr die wahrgenommene Kompetenz während des Unterrichts nützlich. Weitere Untersuchungen sind jedoch nötig, um ein eindeutiges Bild des Einflusses der wahrgenommenen Lernkompetenz auf das Behalten von Fachwissen zu zeichnen.

Eine andere Erklärung könnte die Studie von Patrick, Mantzicopoulos und Samarapungavan (2009) bieten. Darin stieg die wahrgenommene Lernkompetenz, wenn die Dauer der Inquiry-Unterrichtseinheit von fünf auf zehn Wochen verlängert wurde. Obwohl die wahrgenommene Lernkompetenz in unserer Studie über dem Mittelwert lag, könnte der kurze zeitliche Rahmen von nur drei zusammenhängenden Schulstunden, einen Erklärungsansatz dafür bieten, dass die wahrgenommene Lernkompetenz langfristig nicht mit dem Fachwissen der Schüler korrelierte. Es wäre möglich, dass unsere Schüler langfristig eine stärkere wahrgenommene Lernkompetenz entwickelt hätten, wenn sie die Möglichkeit gehabt hätten an einer für mehrere Tage oder Wochen konzipierten Inquiry-Unterrichtseinheit teilzunehmen. Soweit kann nur bestimmt gesagt werden, dass die wahrgenommene Lernkompetenz, die aus der hier angewandten dreistündigen Inquiry-Lerneinheit resultierte, nur partiell mit dem Wissenslevel der Schüler korrelierte. Bong und Skaalvik (2003) fanden heraus, dass wahrgenommene Kompetenz ein Kernelement von Selbstkonzept und Selbstwirksamkeit ist. Darüber hinaus wenden Schüler die in Ihre Fähigkeiten vertrauen mehr Zeit und Energie zum Lernen auf, als Schüler mit geringem Vertrauen in ihre Fähigkeiten (Eccles et al., 1998). Des Weiteren ist bekannt, dass wahrgenommene Kompetenz ein starker Indikator für zukünftige Lernleistungen darstellt (Simpson und Oliver, 1990; Wigfield und Eccles, 2002; Lau und Roeser, 2002; Beghetto, 2007). Auf Grund dieser verschiedenen Ergebnisse bedarf das Thema des Zusammenhangs von wahrgenommener Lernkompetenz und Lernleistungen auch in Zukunft weiterer Aufmerksamkeit.

Schulnoten und Wissenstests

Betrachtet man die Korrelation zwischen den Schulnoten in den Fächern Biologie und Physik und der Lernleistung in den Wissenstest, ergibt sich zunächst, dass gute Schulnoten nicht zu einem erhöhten Vorwissen (T0) führten. Allerdings waren die Schüler mit guten Schulnoten, den Schülern mit weniger guten Schulnoten im langfristigen Wissenstest überlegen (T3). Die von den Schülern angegebenen Schulnoten entsprechen also sehr gut ihren Fähigkeiten Informationen zu erlernen und langfristig zu behalten. Zusammengefasst weist dies darauf hin, dass Schüler mit guten Schulnoten zu Anfang eines neuen Themas keine Vorteile gegenüber anderen Schülern besitzen weil sie bereits mehr Vorwissen mitbringen würden. Es scheinen vielmehr ihre Fähigkeiten zu sein, Informationen effektiv zu lernen während sie am Unterricht teilnehmen und zwar so, dass sie die von ihnen gelernten Informationen auch nach längerer Zeit (zwölf Wochen) abrufen können. Diese Erkenntnis stimmt mit der Studie von Lau und Roeser (2002) überein, in der gezeigt werden konnte, dass kognitive Fähigkeiten eng mit den Schulnoten und den Testergebnissen der Schüler zusammen hingen. Untersuchungen ob Schüler mit guten bzw. weniger guten Noten verschiedene Lernstrategien anwenden, wären bei der Aufklärung dieser Vermutung hilfreich.

C 4.3 Teilstudie C: Kann die Motivation für Naturwissenschaften durch Inquiry-Unterricht gesteigert werden?

In Teilstudie C wurde der Einfluss verschiedener Motivationsfacetten für die Naturwissenschaften und deren Einfluss auf das Behalten des durch den Unterricht gelernten Fachwissens untersucht. Außerdem wurde die Struktur des Messinstruments (Science Motivation Questionnaire, SMQII), auf dessen Beständigkeit geprüft.

Korrelation der drei verschiedenen Subskalen der Motivationsskala untereinander

Von den drei Subskalen der Motivationsskala korrelierten nur die Selbstwirksamkeit (self-efficacy) und die Berufsmotivation (career motivation) miteinander, obwohl Glynn, Brickman, Armstrong und Taasobshirazi (2011) eine Korrelation für alle Subskalen ihrer Skala beschrieben. Der positive Zusammenhang von Selbstwirksamkeit und Berufsmotivation deckt sich mit den Ergebnissen von Stake und Mares (2001). Das Vertrauen von Schülern in ihre Fähigkeiten mit naturwissenschaftlichen (Schul-)Inhalten zu Recht zu kommen scheint daher mit den Plänen für die weiterführende Berufswahl verbunden zu sein. Auch Gwilliam und Betz (2001) fanden heraus, dass Selbstwirksamkeit die Wahl weiterführender Kurse und Karriereplänen vorhersagen kann. Auf seine Fähigkeiten zu vertrauen ist daher ein Indiz für die Wahl weiterführender Berufsbereiche in diesem Fachgebiet. Die Subskala Selbstbestimmung (self-determination) für das Lernen weicht in unserer Studie durchgehend von den beiden

anderen Subskalen ab, sodass tatsächlich davon auszugehen ist, dass sich die Subskalen in ihrem Verhalten voneinander unterscheiden. Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse bezieht sich die Diskussion zunächst nur auf Berufsmotivation und Selbstwirksamkeit.

Berufsmotivation & Selbstwirksamkeit:

Der Einfluss einer dreistündigen Inquiry-Unterrichtseinheit auf die Berufsmotivation und die Selbstwirksamkeit

Berufsmotivation und Selbstwirksamkeit werden von einem kurzen Inquiry-Unterricht (3h) nicht beeinflusst. Beide Subskalen wurden von den Schülern über den Zeitraum von 14 Wochen unverändert bewertet - trotz Inquiry-Unterricht. Es ist daher davon auszugehen, dass diese beiden Subskalen in der Tat, so wie es die Formulierung ihrer Items vermuten lässt, allgemeine Bewertung der Variablen widerspiegeln, welche sich nicht auf einen bestimmten Tag oder Kurs beziehen. Weiterhin ist davon auszugehen, dass Berufsmotivation und Selbstwirksamkeit relativ konstante Werte darstellen. Um diese Variablen zu beeinflussen, wäre es wahrscheinlich nötig, im Unterricht explizit auf diese einzugehen. Beispielsweise fanden Cavallo und Rozman (2004) heraus, dass ein 1-Jahr langer Inquiry-Kurs in Physik an einem College, ebenfalls nicht zu einer Veränderung der Selbstwirksamkeit der Schüler führte. Andererseits beschrieben Brickman, Gormally, Armstrong und Haller (2009), dass die Teilnahme an einem ein Semester langem Inquiry-Kurs zu einem Anstieg der Selbstwirksamkeit bei den Schülern führte.

Allgemein wird die Selbstwirksamkeit, das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, am stärksten durch vorherige Leistungen beeinflusst (Bandura, 1986, 1997). Schunk (1985) und Schunk und Meece (2005) zu Folge, wird Selbstwirksamkeit zwar durch Erfolg gestärkt und durch Fehlschläge geschwächt, allerdings beeinflussen gelegentliche Fehlschläge (oder Erfolge) nach einigen Erfolgen (oder Fehlschlägen) nur unwahrscheinlich die Selbstwirksamkeit von Schülern. Dies könnte erklären, weswegen die hier vorgestellte eher kurze Intervention die Selbstwirksamkeit der Schüler nicht beeinflusst hat – die Erfahrungen, die während des Unterrichts gesammelt wurden waren zu gering, um die generelle Selbstwirksamkeit der Schüler dadurch zu verändern. Stake und Mares (2001) zeigten, dass die Selbstwirksamkeit von High School Schülern langfristig durch einen vierwöchigen Inquiry-Kurs beeinflusst werden kann. In ihrer Studie blieb die Selbstwirksamkeit zwischen Vor- und Nachtest zunächst gleich, stieg aber nach sechs Monaten schließlich an. Andererseits wurde die Berufsmotivation in ihrer Studie nur kurzfristig beeinflusst, obwohl auf dieses Thema explizit im Unterricht eingegangen worden war. Insgesamt stellen meine Ergebnisse Ergänzungen zum bisher noch undurchsichtigen Einfluss von Inquiry-Unterricht auf Selbstwirksamkeit und Berufsmotivation dar.

Zusammenhang von Berufsmotivation, Selbstwirksamkeit und Leistung

Schüler mit geringer Leistung in den verzögerten Wissenstests (T2, T3) hatten eine geringere Berufsmotivation und ein geringeres Vertrauen in ihre Fähigkeiten. Das Abschneiden in den verzögerten Wissenstests gibt daher offensichtlich Aufschluss darüber, wie sehr ein Schüler die Naturwissenschaften als Teil seiner Karriere in Betracht zieht, bzw. wie sehr er von seinen Fähigkeiten in den Naturwissenschaften überzeugt ist. Ähnlich wurde von Glynn, Taasobshirazi und Brickman (2007) eine positive Korrelation zwischen Berufsmotivation und Note aufgezeigt und Britner und Pajares (2001) fanden ebenfalls, dass die Selbstwirksamkeit von Schülern einer Junior High School deren Leistungen vorhersagen konnte

Zusammenhang von Berufsmotivation, Selbstwirksamkeit und den Schulnoten

Ähnlich wie der Zusammenhang zwischen guten Leistungen in den verzögerten Wissenstest und hoher Berufsmotivation bzw. hoher Selbstwirksamkeit, ergab sich auch ein positiver Zusammenhang der beiden Variablen zu guten Noten in den Fächern Biologie und Physik. Das die Motivation Naturwissenschaften als Teil seiner späteren Karriere zu sehen positiv mit den Schulnoten in den naturwissenschaftlichen Fächern (Biologie und Physik) zusammenhängt, verwundert nicht. Wahrscheinlich fühlen sich Schüler, die in der Schule gute Noten in diesen Fächern erzielen können auf einen Beruf in einer naturwissenschaftlichen Richtung besser vorbereitet und haben auf Grund dessen eine größere innere Bestrebung einen solchen Beruf zu ergreifen. Dagegen korrelierten beide Variablen nicht mit der Note des Faches Deutsch. Dies deutet darauf hin, dass sich die Subskalen in der Tat nur auf die Motivation für einen Arbeitsplatz mit naturwissenschaftlichem Zusammenhang bzw. der Selbstwirksamkeit in den naturwissenschaftlichen Fächern beziehen. Sie werden von den Schülern nicht etwa, als sich allgemein oder auf nicht naturwissenschaftliche Bereiche beziehend, verstanden. Dies Spricht für die Qualität dieser Subskalen. Zusho und Pintrich (2003) beschrieben, dass aus der Selbstwirksamkeit der Schüler Hinweise auf die nach Teilnahme erhaltene Note in einem College-Chemiekurs abgeleitet werden konnten. In ihrer Studie von 2011 haben Glynn, Brickman, Armstrong, und Taasobshirazi berichtet, dass die Selbstwirksamkeits-Subskala die Subskala war, die am stärksten mit der Note (Grade Point Average) der Schüler korrelierte. Dieses Ergebnis wird hier bestätigt: Die Biologie- und Physiknote korrelieren mit der Selbstwirksamkeit stärker als mit der Berufsmotivation. Glynn und Kollegen (2011) nutzten als Grundlage ihrer Berechnung allerdings die Note, die nach der Teilnahme am Kurs erreicht wurde. Wohin gehen ich die Noten der Fächer Biologie und Physik verwendet habe, die die Schüler zuletzt, d.h. vor Teilnahme am Unterricht, erreicht hatten. Ich schließe hieraus, dass die Selbstwirksamkeit der Schüler, d.h. ihr Vertrauen in ihre naturwissenschaftlichen Fähigkeiten nicht nur Vorhersagen über eine zukünftige Noten- bzw. Leistungstendenz zulässt, weil sie

Schüler dazu veranlasst sich mehr anzustrengen und sich bei schweren Aufgaben länger daran zu versuchen (Britner, 2008); sondern dass vorangegangene Noten ebenso Aufschluss über die Selbstwirksamkeit der Schüler in diesen Fächern geben können.

Selbstbestimmung:

Einfluss einer dreistündigen Inquiry-Unterrichtseinheit auf die Selbstbestimmung der Schüler

Die Selbstbestimmung der Schüler wurde durch die Teilnahme am Inquiry-Unterricht positiv beeinflusst. Dieser positive Einfluss war allerdings nicht langfristig, er erhöhte die Selbstbestimmung nur direkt nach dem Unterricht. Es scheint daher, dass die Selbstbestimmung, im Gegensatz zu Selbstwirksamkeit und Berufsmotivation, durch aktuelle Ereignisse oder Schulstunden beeinflussbar ist. In der Subskala der Selbstbestimmung müssen Schüler beurteilen, wie sehr sie für ein naturwissenschaftliches Fach lernen und sich darauf vorbereiten. Dies kann von Schülern täglich anders eingeschätzt werden, denn Schüler strengen sich jeden Tag aufs Neue an – sehr wahrscheinlich abhängig vom Fach, dem Lehrer oder weiteren Faktoren. Daher wird jeden Tag neue Information zur Beurteilungsgrundlage über die Frage der Anstrengung der Schüler gewonnen. Dagegen dürften Schüler weitaus seltener Informationen begegnen, die neu zur Beurteilungsgrundlage für die Frage der Berufsmotivation oder des Selbstvertrauens hinzukommen. Stellvertretend seien hier die explizite Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Berufen im Unterricht oder dem Ablegen von Tests als Feedback über die eigenen Leistungen genannt. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass es scheint, als ließe sich die Subskala der Selbstbestimmung aufgrund sich täglich ändernder Informationslage beantworten – obwohl ihre Items generell formuliert sind. Beispielsweise lässt sich die Frage „Ich lerne viel für die naturwissenschaftlichen Fächer“ je nach dem beantworten, welche Umstände am diesem Tag/ dieser Woche herrschten. Die Items der Berufsmotivation und des Selbstvertrauens in die eigenen Fähigkeiten zielen eher auf Meinungen ab, die entweder die (weit entfernte) Zukunft betreffen (Bsp. Karriere: „Für naturwissenschaftliche Fächer zu lernen, wird mir helfen einen guten Job zu finden“) oder die auf sehr langfristigen Beobachtungen, Erfahrungen im Unterricht und Testergebnissen basieren (Bsp. Selbstwirksamkeit: „Ich bin überzeugt, dass ich gut in naturwissenschaftlichen Tests abschneiden werde“).

Zusammenhang der Selbstbestimmung zu den Schulnoten und den Leistungen im Wissenstest

Anders als Glynn und Kollegen (2011), die dieselbe Version des SMQ-Fragebogen nutzten wie sie in Teilstudie C verwendet wurde, zeigte sich in bei meiner Studie mit Schülern der neunten Jahrgangsstufe, dass die Selbstbestimmung (self-determination) nicht mit den Leistungen im Wissenstest korrelierte. Meine Studie zeigte außerdem, dass die Selbstbestimmung nicht mit

den Schulnoten in Biologie, Physik und Deutsch korreliert. Es scheint daher dass die Höhe des Aufwands, den die Schüler in das Lernen für naturwissenschaftliche Fächer investieren (d.h. das Maß an Selbstbestimmung und damit ein Maß über die Kontrolle darüber, ihr Lernen selbst in die Hand zu nehmen), sich weder in den Leistungen der Wissenstests noch in den Schulnoten widerspiegelt. Gute Noten in den Fächern Biologie und Physik können daher nicht als Indikator für ein hohes Maß an Selbstbestimmung herangezogen werden.

Bei genauerer Betrachtung der Variable der Selbstbestimmung, muss daran erinnert werden, dass es sich bei meinen Studienteilnehmern um Neuntklässler des Gymnasiums handelte die circa 15 Jahre alt waren ($SD = \pm 0,55$). Bei den Probanden in der Studie von Glynn und Kollegen (2011) dagegen, handelte es sich um Studienanfänger (der Naturwissenschaften und anderen Fächern; keine Altersangabe) einer öffentlichen Universität. Ich nehme an, dass sich die Probanden in den beiden Studien auf verschiedene Art und Weisen substantiell unterscheiden. Diese Unterschiede in den Studienteilnehmern könnten die abweichenden Ergebnisse in Bezug auf die Subskala der Selbstbestimmung möglicher Weise erklären. Zunächst sind Schulklassen aus allerlei verschiedenen Schülern zusammengesetzt – denen die Interesse an den Naturwissenschaften haben, bis hin zu denen, die daran kein Interesse haben. An der Universität setzt sich die Lerngemeinschaft einer „Klasse“ in der Regel aus jungen Erwachsenen zusammen, die gemeinsam in einem bestimmten Jahr, in einem bestimmten Fachbereich das Studieren angefangen haben und dieselben Vorlesungen usw. besuchen. Die Lerngemeinschaft eines Faches an der Universität unterscheidet sich von der Zusammensetzung einer Schulklasse auch darin, dass die Lerngemeinschaft in der Universität aus jungen Erwachsenen besteht die sich aktiv und freiwillig a) für ein bestimmtes Fachgebiet entschieden haben und b) entschieden sind, ihre Zeit und Energie dafür einzusetzen, dieses Fach zu erlernen. Schüler an der Schule können sich nicht aktiv dafür entscheiden, die Schule zu besuchen. Sie haben auch nicht die Wahlfreiheit nur ein Themengebiet oder Fach zu erlernen, dass sie interessiert. Daher könnte es sein, dass die Schüler, anstatt zu lernen, weil sie das Fach oder Thema interessant finden, eher für ihre Lehrperson lernen um deren Erwartungen zu erfüllen. Natürlich ist auch das Alter zwischen neunter Jahrgangsstufe und Studienanfängern verschieden.

Zusätzlich nehme ich an, dass Schüler eine viel stärkere soziale Bindung an ihre Lehrperson haben als Studenten. Begründet liegt dies in den vielen sozialen Aspekten die in der Schule auftreten. Beispielsweise besteht eine Schulklasse aus einer relativ kleinen Gruppengrößen (~30 Personen), soziales Fehlverhalten wird getadelt, Lehrpersonen sprechen Schüler mit deren (Vor-)Namen an, die Klassenzusammensetzung ist stabil, Schüler kennen die Lehrpersonen ihrer Schule und werden von einigen Lehrpersonen mitunter mehrfach im Verlauf ihrer Schullaufbahn unterrichtet, weitere Aspekte sind denkbar. Lehrpersonen von Studenten

im ersten und zweiten Semester, auch aufgrund deren größeren Disziplin, haben in der Regel hauptsächlich die Aufgabe Fachwissen weiterzugeben. Die starke Bindung während der Schule könnte den Glauben der Schüler darin bestärken, dass ihr Lernen, ihre Leistungen in Tests und ihre Fachnoten hauptsächlich durch den Lehrer bestimmt werden und daher viel mehr von ihrem Lehrer abhängen als von ihrem eigenen Lernverhalten. Beispielsweise gibt es Hinweise, dass die generelle Selbstbestimmung von Schülern mit Lernschwächen dadurch behindert wird, dass Eltern oder Lehrpersonen regelmäßig Probleme für diese Kinder lösen. Durch solches Verhalten wird die Abhängigkeit dieser Schüler bestärkt. Besser wäre es, ihnen zu lehren, wie sie selbst Probleme lösen können und dadurch ihre Problemlösefähigkeiten zu trainieren (Durlak, Rose und Bursuck, 1994).

Ein weiterer Unterschied betrifft die generell vorgegebenen Strukturen der beiden Bildungsstätten. Beispielsweise wird der Lernfortschritt in der Schule regelmäßig kontrolliert (vorgegebener Stundenplan, Hausaufgaben, Anwesenheit), wohingegen das Lernen an Universitäten hauptsächlich vom Studenten selbst zu organisieren ist. Wehmeyer und Palmer (2003) haben herausgefunden, dass Schüler mit Lernschwächen die ein hohes Maß an Selbstbestimmung in ihrem letzten Schuljahr hatten, drei Jahre nach ihrem Abschluss in verschiedenen Kategorien ihrer Lebensumstände besser abschnitten, als diejenigen, die ein geringeres Maß an Selbstbestimmung angegeben hatten. Dies weist darauf hin, dass ein höheres Maß an genereller Selbstbestimmtheit für das Leben nach der Schule von Vorteil ist, da dann ohne die zuvor gegebenen Strukturen ausgekommen werden muss. Ähnlich argumentierte Weimer (2002), dass (über-)strukturierte Klassenzimmer von heute die Schüler sehr stark abhängig davon machen würden, dass die Lehrpersonen ihnen Regeln für beinahe alles vorgeben müssten (siehe Kapitel 5, S.95-99). Sie schlägt schülerzentrierte Methoden vor um den Schülern beizubringen Verantwortung für ihr Lernen zu übernehmen. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass bei Studenten von einem höheren Maß an Selbstbestimmung ausgegangen werden kann, als von Schülern. Die aufgeführten Gründe könnten Schüler dazu verleiten ihre Leistungen und Noten eher als etwas anzusehen, dass vom Wohlwollen ihres Lehrers abhängt, anstatt von ihren eigenen Lernanstrengungen. Dies könnte erklären, warum in der hier vorliegenden Studie, mit Schülern der neuen Jahrgangsstufe, deren Maß an Selbstbestimmung weder mit ihren Schulnoten noch mit ihren Leistungen im Wissenstest zusammen hing, obwohl aufgrund der Daten von Glynn und Kollegen (2011) zumindest von einem Zusammenhang von Note und Selbstbestimmung auszugehen war.

C 4.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für Lehre und Forschung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vorliegenden drei Teilstudien zum Thema Inquiry-basiertem Unterricht und dessen Auswirkungen auf das Lernen und die Motivation der Schüler,

zusammengeführt. Ihre Bedeutung für den Bereich Schule und Forschung wird betrachtet und gedeutet.

Teilstudie A zeigte, dass strukturierter Inquiry-Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern in der Tat (Rocard et al., 2007) zu a) Lernzuwachs führte und dass b) dieser Lernzuwachs auch langfristig bis zu mindestens zwölf Wochen nach der Teilnahme am Unterricht nachgewiesen werden konnte. Dabei ist von besonderem Interesse, dass die Schüler viele der Informationen, mit denen sie sich im Unterricht beschäftigt und gelernt hatten langfristig aufnehmen konnten, da sie sechs wie zwölf Wochen nach dem Unterricht dasselbe Wissenslevel aufwiesen. Dabei ist ein weiterer wichtiger Aspekt, dass das erlernte Wissen alleine durch Teilnahme am dreistündigen Unterricht aufgenommen wurde – neben dem Unterricht erfolgten keine weiteren Lernphasen in denen die Schüler die Themen des Unterrichts in etwa nochmal wiederholt hätten. Vor allem aktive geistige Beteiligung beim Lernen mit dem zur Verfügung gestellten Lernmaterial, die multimodale Beschäftigung mit den Lerninhalten und das Übernehmen von Verantwortung den Lernenden für sein Lernen, zeichnen strukturierten Inquiry-Unterricht aus und bilden daher wahrscheinlich die Grundlage für die bewirkten positiven, langfristigen Lerneffekte.

Des Weiteren konnte Teilstudie A bestätigen (Rocard et al., 2007), dass Inquiry-Unterricht sich für beide Geschlechter eignet und dabei Mädchen besonders fördert. Der Geschlechterunterschied in den Lernleistung (Fachwissen), der vor dem Unterricht bestand, konnte durch die Teilnahme am Inquiry-Unterricht nivelliert werden. Auch dieser Effekt war lang anhaltend, da sich die Geschlechter auch noch nach zwölf Wochen nach dem Unterricht in den Leistungen im Wissenstest nicht mehr unterschieden. Mädchen und Jungen lernten also hinzu, wobei die Mädchen zusätzlich ihren vorherigen Wissensrückstand zu den Jungs ausgleichen konnten.

Aus Teilstudie A lässt sich zusammenfassen, dass alle Schüler sich durch den Inquiry-Unterricht über das menschliche Ohr und Akustik gut informieren konnten, obwohl das Vorwissen in der Klasse verschieden war. Außerdem führte die Teilnahme an den drei Stunden strukturiertem Inquiry-Unterricht dazu, dass die Schüler erfolgreich die gelernten Informationen langfristig erinnern können (mind. zwölf Wochen). Führt man sich den Grund vor Augen, weswegen Lehrer lehren und Schüler zur Schule gehen, sprechen die Lerneffekte die ein dreistündiger Inquiry-basierter Unterricht hervorrufen konnte deutlich für den Einsatz dieser Lehrmethode im Schulalltag.

Durch **Teilstudie B** konnten Hinweise auf Faktoren aufgedeckt werden, die Schüler dazu befähigen langfristig effektiv zu lernen: Ein hohes Maß an Anstrengung während des Unterrichts

(effort) und gute Schulnoten in relevanten Schulfächern. Dabei legen die Ergebnisse nahe, dass aus einem hohen Maß an Anstrengung während des Unterrichts, gute Leistungen in zeitverzögerten Wissenstests (nach sechs und zwölf Wochen) abzuleiten sind. Im strukturierten Inquiry-Unterricht übernahmen die Schüler aktive Rollen um Informationen herauszufinden, anstatt ihnen zu gestatten, Informationen passiv aufzunehmen. Es lag an ihnen sich die nötigen Informationen aus dem Lernmaterial herauszusuchen, Versuche und Modelle nach Anleitung aufzubauen und zu bedienen und aus den Beobachtungen eigenständige Schlussfolgerungen zu ziehen. Es ist anzunehmen, dass Schüler, die diese Herausforderung der Eigeninitiative annehmen und sich beim Bearbeiten der Aufgaben bemühen, sich mit den Lerninhalten des Unterrichts tiefergehend beschäftigen und neben dem letztlichen Ergebnis auch Erkenntnisse darüber sammeln, wie sie zu diesem Ergebnis kamen, bzw. warum dieses Ergebnis richtig ist. Schüler, die sich während des Unterrichts nicht angestrengt haben, weil sie sich beispielsweise bei den aktiv kognitiven Herausforderungen zurücknahmen und diese Aufgaben eher ihren Gruppenmitglieder überließen oder mit ihren Gedanken ganz wo anders waren, bekamen zwar die Ergebnisse und Diskussionen ihrer Teammitglieder mit, konnten aber wahrscheinlich, aufgrund ihrer fehlenden Bemühungen, das Gelernte zwar kurzfristig, aber nicht langfristig behalten. Dass gute Schulnoten in relevanten Schulfächern mit einem guten Abschneiden in Wissenstest in Zusammenhang stehen, klingt zunächst nicht verwunderlich. Interessant hieran ist aber, dass das Vorwissen der Schüler keinen Aufschluss über die Leistungen im Wissenstest bot. Demnach erzielten Schüler, die gute Noten vorweisen können, ihre guten Leistung nicht, weil sie zu Beginn einer Stunde bereits mehr zum Thema wissen, sondern weil sie die neuen Informationen besser verarbeiten und sich folglich besser merken können.

In **Teilstudie C** zeigte sich, dass das Vertrauen in seine eigenen Fähigkeiten in naturwissenschaftlichen Fächern gut zu sein und auch seine Motivation einen Arbeitsplatz mit Bezug zu den Naturwissenschaften anzustreben, beide mit dem Abschneiden in langfristigen Wissenstests nach dem Unterricht, sowie den Noten in naturwissenschaftlichen Fächern vor dem Unterricht korrelierten. Schüler, die sich neue Informationen besonders gut merken können, schneiden in Wissenstest und folglich bei der Benotung des Faches, besonders gut ab und sind sich ihren Fähigkeiten bewusst. Wahrscheinlich geben Schüler wegen dieser Überzeugung auch eher an, Berufe mit naturwissenschaftlichem Inhalt ergreifen zu wollen als weniger erfolgreiche Schüler. Auf Grundlage dieser beiden Subskalen des SMQII-Fragebogens, übereinstimmend mit den Schlussfolgerungen von Glynn und Kollegen (2007, 2011), folgere ich, dass Schüler mit höherer Motivation für die Naturwissenschaften bessere Leistungen erzielen. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass weder Berufsmotivation noch Selbstwirksamkeit durch die Teilnahme am strukturierten Inquiry-Unterricht – oder einem anderen Umstand

innerhalb der 14 Wochen – beeinflusst wurde. Die Informationen über und Erfahrungen mit diesen beiden Variablen scheinen von den Schülern über einen langen Zeitraum gesammelt worden sein, so dass sie sich gegenüber kurzzeitigen Einflüssen robust verhalten. Für den Einsatz dieser beiden Subskalen in der Forschung an Schulen sollte es auf Grund ihrer robusten Natur ausreichend sein, wenn sie im Rahmen einer kurzen Intervention nur einmal erhoben würden. Diese Einsparung würde auch den teilnehmenden Schülern zugutekommen, da sie insgesamt weniger Items ausfüllen müssten. Ob allerdings Berufsmotivation und Selbstwirksamkeit durch ausgedehntere und gezielt auf diese Variablen fokussierte Interventionen ebenfalls robust oder doch veränderlich reagieren, bedarf zunächst noch weiteren Untersuchungen. Durch die übersichtliche Länge der Subskalen könnten diese auch von Lehrpersonen im Unterricht eingesetzt werden. Die erfasste Berufsmotivation und die Selbstwirksamkeit der Schüler könnte beispielsweise anschließend mit der Klasse besprochen werden und eventuell als Anlass dienen, den Unterricht entsprechend anzupassen.

Teilstudie C zeigte auch, dass das Maß an Selbstbestimmung bei Schülern nicht mit deren Noten oder deren Leistungen im den Wissenstests zusammenhängt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass das Maß an Selbstbestimmung, das die Schüler der neunten Jahrgangsstufe empfinden nicht auf ihre Leistungen zurückzuführen ist. Dabei ist es unerheblich ob sich diese Leistungen auf neu erlerntes, explizites Fachwissen (Wissenstest) oder über einen längeren Zeitraum gesammelte, externe Bewertungen einer Lehrkraft beziehen, in die mehr als das Wiedergeben von Fachwissen einfließt (Schulnote). Daher scheint es für den Aufbau eines höheren Maßes an Selbstbestimmung nicht ausreichend zu sein, die Schüler zu besseren Leistungen zu erziehen. Ihnen aufzuzeigen, dass ihre Leistungen von ihrem Handeln (Lernen, Beteiligung am Unterricht, Hausaufgaben machen, Aufmerksamkeit, Nachschlagen von nicht verstandenen Sachverhalten usw.) abhängt, ist hierbei der entscheidende Punkt. Das Maß der Selbstbestimmung bezieht sich auf die wahrgenommene Kontrolle die man glaubt über sein Lernen bzw. die daraus folgenden Resultate zu haben (Black und Deci, 2000). Wie meine Ergebnisse zeigen, konnte die Teilnahme an Inquiry-Unterricht das empfundene Maß an Selbstbestimmung kurzfristig erhöhen. Es ist möglich, dass der Umstand, dass die Schüler zum Vorankommen in den Lernmaterialien ihr neu erworbenes Wissen sofort anwenden mussten, um anschließende Fragen zum Experiment beantworten zu können, ihre Wahrnehmung hin zu höherer Selbstbestimmung veränderte. Da die Aufklärung der Frage nur durch ihr Handeln (nachdenken, nachlesen, beobachten, Schlüsse ziehen, besprechen usw.) möglich war und die Lehrperson nicht als externe Quelle für Antworten zur Verfügung stand, kann dies die Schüler in ihrem Gefühl bestärkt haben, dass ihr Handeln ausschlaggebend für die Lösung des Problems war. Obwohl der Zuwachs an

Selbstbestimmung nur kurzfristig nach Teilnahme am Inquiry-Unterricht anstieg, gehe ich dennoch davon aus, dass er durch schülerzentrierte, konstruktivistische Lernaktivitäten wie dem strukturierten Inquiry-Unterricht gefördert werden kann. Häufigere Verwendung von Inquiry-Unterricht könnte möglicher Weise zu längerfristiger Erhöhung der wahrgenommenen Selbstbestimmung führen. Weitere Studien hierzu wären wünschenswert. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass von den hier erhobenen Daten noch nicht abgeleitet werden kann, was genau das Maß an Selbstbestimmung beeinflusste, jedoch lässt sich ein direkter Zusammenhang zu Schulnoten und Testergebnissen ausschließen und Inquiry-Unterricht in weiteren Studien, zum Erforschen der Veränderlichkeit der wahrgenommenen Selbstbestimmung in Schulen, empfehlen. Für den Einsatz dieser Subskala in der weiteren Forschung empfehle ich aufgrund ihrer Empfindsamkeit bereits gegenüber kurzen Einflüssen, dass sie bei Interventionen mehrfach zum Einsatz kommen sollte um den Einfluss der Intervention auf die Variable zu überprüfen. Würde die Subskala nur einmal eingesetzt und zeitgleich geschehende Ereignisse, die die Selbstbestimmung der Schüler beeinflussen könnten, nicht ausgeschlossen werden können, könnten falsche Schlüsse aus den Werten gezogen werden. Auch für Lehrkräfte bietet diese Subskala eine einfache Möglichkeit den Einfluss einer Unterrichtsstunde, einer Exkursion, einem „Tag der Wissenschaft“ oder ähnlichen kurzen Ereignissen, auf das Maß der wahrgenommenen Selbstbestimmung in der Klasse zu messen und zu thematisieren.

Wenn Lehrer Gründe für geringe Motivation in den Naturwissenschaften oder ein geringes Maß an Selbstbestimmung feststellen, könnten sie ihren Unterricht anpassen um dem entgegenzuwirken. Die Motivation der Schüler für Naturwissenschaften zu erhöhen wird wahrscheinlich ihre Leistungen positiv beeinflussen, was wiederum letztlich ihr naturwissenschaftliches Wissen fördern wird, dass für ihr tägliches Leben nach der Schule wichtig ist. Es kann Lehrern dabei helfen gebildete Bürger zu formen oder Schüler sogar für eine Karriere in der Wissenschaft zu begeistern. Die Erhöhung des Maßes an Selbstbestimmung wird für sie wahrscheinlich generell im Leben nach der Schule hilfreich sein (Wehmeyer und Palmer, 2003; Weimer, 2002). Wenn sie bereits in der Schule lernen, für ihr Lernen Verantwortung zu übernehmen, könnten sie früher in ihrem Leben erkennen, dass es ihr eigenes Handeln ist, das ihre Lernleistungen bestimmt. Dies könnte den Schülern Möglichkeiten eröffnen erfolgreiche Lernstrategien zu entwickeln oder sich beispielsweise Rat zu holen, wenn sie mit ihren Lernleistungen nicht zufrieden sind oder Hilfe benötigen.

Die Befähigung zum lebenslangen Lernen, insbesondere nach dem Besuch der Schule, sollte das Ziel allen Unterrichts sein. Dazu müssen Schüler in der Schule dazu angeleitet werden, Probleme selbst zu lösen und für ihr Lernen Verantwortung zu übernehmen. Damit dies

stattfinden kann, wird in den Klassenzimmern mehr Vertrauen gegenüber den Schülern benötigt, dass diese Probleme selbstständig angehen und lösen können. Im strukturierten Inquiry-Unterricht verändert sich die Rolle des Lehrers. Die Erstellung angemessener Lernmaterialien und geeigneten Fragestellungen und Problemen sind darüber hinaus elementar dafür, dass Inquiry-Unterricht gelingt. Probleme und Fragen sollten im Inquiry-Unterricht nicht von der Lehrperson beantwortet, gezeigt, gelöst oder vorweggenommen werden, bevor die Schüler nicht selbst versucht haben, eigene Lösungswege zu überlegen und zu diskutieren. Dabei geht es nicht darum, dass die Schüler die richtige Antwort „erraten“ sollen, vielmehr geht es darum, dass die Schüler erkennen, dass sie die Antwort nicht „auf dem kurzen Weg“ erreichen können, in dem sie behaupten die Antwort noch nicht zu kennen und deshalb die Antwort von der Lehrperson benötigen. In dem den Schülern geeignete Materialien, Anleitungen und Hinweise gegeben werden, mit denen sie selbst die Antwort erarbeiten können, können sie erkennen, dass es sie selbst sind, die für ihren Lernfortschritt verantwortlich sind.

Generell stimme ich mit der Meinung von Mayer (2004) überein, dass es nicht allein die aktive, körperliche Beteiligung der Schüler ist, wie beispielsweise das Durchführen eines Experimentes, die bedeutungsvollen Wissenserwerb fördert. Es sei viel mehr die kognitive Beteiligung, wie das Auswählen und Organisieren von Informationen, der Integration von vorhandenem Wissen oder dem Auffinden von neuen Informationen durch Nutzung von anderen Quellen wie beispielsweise Büchern, die bedeutungsvolles Lernen fördern. Denn der wahrhafte Ansatz konstruktivistischen Lernens sei Lernen durch Nachdenken. Dabei ist es mit Aufwand verbunden sinnvolle Lernsituationen zu schaffen, die mehr als ein Lehrervortrag und mehr als unstrukturiertes freies Arbeiten sind. Schüler benötigen die Möglichkeit selbstständig zu überlegen, wozu Zeit benötigt wird. Es scheint aber, dass der eigentliche Vorteil, über Sachverhalte selbst nachzudenken darin liegt, dass die erlernten Informationen anschließend besser erinnert werden können, dies zeigen neben den hier aufgeführten Ergebnissen auch Studien von Nuthall (1995) und Blank (2000).

Mit Hinblick auf die Ergebnisse dieser und anderer Studien, wäre es sinnvoll, Veränderungen in Klassenräumen und Schulen voranzubringen. Damit Lehrpersonen Inquiry-Unterricht anbieten können, muss diesen ermöglicht werden Lehrerfortbildungen zu besuchen, in denen sie lernen den Unterschied zwischen „zu viel“ und „zu wenig“ Struktur für ihre Schüler zu unterscheiden. Das ist nicht nur wichtig im Hinblick auf Klassenmanagement, sondern auch für das Erstellen von sinnvollen Aufgaben oder Arbeitsblättern. Werden Antworten zu früh preisgegeben und Schüler nur in die Durchführung kochbuchartiger Experimente, bei denen das Ergebnis und die Mechanismen bereits zuvor bekanntgegeben werden, involviert, so führt dies wahrscheinlich zum „Couch-Potato“-Effekt (Lord, 1999) – sie lassen sich vom Lehrer „berieseln“ ohne selbst

nachdenken zu müssen. Schüler lernen dadurch eher auswendig zu lernen als zu verstehen. Wenn sinnvolle Experimente durchgeführt werden sollen, wird Zeit benötigt. Daher erscheint es sinnvoll, die Dauer des naturwissenschaftlichen Unterrichts auszudehnen. Beispielsweise könnten Einzelstunden zu Doppelstunden zusammengefasst werden, auch die Möglichkeit für einen „Tag der Wissenschaft“ oder die Teilnahme an Schulwettbewerben im naturwissenschaftlichen Bereich, wäre eine Möglichkeit, damit sich Schüler ausgiebiger mit Phänomenen, Experimenten und deren Bedeutung befassen könnten. Darüber hinaus ist es sicherlich sinnvoll, dem Geschlechterunterschied in den Leistungen der Schüler bereits weit vor dem Beitritt zu weiterführenden Bildungsstätten entgegenzuwirken, um mehr Schüler für eine Berufswahl in den MINT-Fächern zu motivieren. Die Politik hat nun die Aufgabe, die sich gesteckten Ziele der Bildungsstandards (KMK, 2005a, 2005b) langfristig umzusetzen, dabei sei vor allem der Bereich der Erkenntnisgewinnung genannt, der den Inhalten von Inquiry-Unterricht ähnelt. Sie sollte Lehrer und Schulen dabei unterstützen ihre Fähigkeiten in strukturiert-konstruktivistischen Lehrmethoden zu verbessern und dadurch das Angebot an Inquiry-Unterricht für ihre Schüler ausbauen.

Es sei zuletzt noch gesagt, dass Inquiry-Unterricht nicht die einzige Lehrmethode sein soll, die im Klassenzimmer Verwendung findet. Es ist verständlich, dass Inquiry-Unterricht, beispielsweise aus Zeitgründen, nicht in seiner ganzen Fülle in jeder Unterrichtsstunde zum Einsatz kommen kann. Es ist aber möglich die Inquiry-Methode stückweise in den Unterricht zu integrieren, wann immer der Lehrer die Möglichkeit hierzu sieht. Das kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die Schüler eine Hypothese aufgrund von gegebenen Informationen formulieren müssen, dass Ergebnisse eines Experimentes vorhergesagt, Daten erhoben, Daten von den Schülern selbst strukturiert und ausgewertet werden, dass Erklärungen für die Ergebnisse gesucht und formuliert werden, dass Ergebnisse von Schülern verglichen oder diskutiert und vorgetragen werden – viele Teilaspekte sind denkbar. Lehrer sollten außerdem von ihren Schülern verlangen, dass diese mehr Eigeninitiative ergreifen. Wie diese Studie zeigt, konnte bereits eine einzige, nur dreistündige Unterrichtseinheit positive Effekte auf die Bildung von langfristigem Wissen erwirken (mind. zwölf Wochen) und das Maß der Selbstbestimmung der Schüler anheben. Studien von Geier und Kollegen (2008) und Stohr-Hunt (1996), weisen darauf hin, dass der positive Effekt von Inquiry-Unterricht auf den Wissenserwerb kumulativer Natur ist. Ein verstärkter Einsatz von Inquiry-Unterricht wäre daher wünschenswert. Das letztliche Ziel von naturwissenschaftlichem Unterricht sollte nicht sein, dass sich Schüler, Jahre nachdem sie die Schule verlassen haben, noch an jede einzelne Aufgabe oder jedes Experiment erinnern, sondern dass sie sich daran erinnern, wie sie bei bestimmten Arten von Problemen zur

Lösung ansetzen oder wie sie aktuelle, mediale Debatten im naturwissenschaftlichen Bereich, die für ihr Leben relevant sind, kritisch bewerten können.

D Literaturverzeichnis der Zusammenfassung

- Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Ames, C., & Archer, J. (1988). Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivation processes. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 260.
- Anderson, O. R. (1997). A neurocognitive perspective on current learning theory and science instructional strategies. *Science Education*, 81(1), 67-89.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual review of psychology*, 52(1), 1-26.
- Bandura, A. (2006). Going global with social cognitive theory: From prospect to paydirt. *Applied psychology: New frontiers and rewarding careers*, 53-79.
- BBW, Bildungswerk der Bayerischen Wirtschaft e. V. (2013). *MINT21-Initiative an Bayerischen Realschulen: Panorama - ein Leitfaden für Realschulen*. URL: <http://www.bildunginbayern.de/weiterfuehrende-schule/mint-21-initiative-an-bayerischen-realschulen.html/>
- Beghetto, R. A. (2007). Factors associated with middle and secondary students' perceived science competence. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 800-814.
- Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science education*, 84(6), 740-756.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Blank, L. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding? *Science Education*, 84(4), 486-506.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, 26(3-4), 369-398.

- BmBF, Bundesministerium für Bildung und Forschung (2008). *Memorandum zum nationalen Pakt für Frauen in MINT-Berufen*. URL: http://www.bmbf.de/pubRD/pakt_zu_mint_berufen.pdf
- Bong, M., & Skaalvik, E. M. (2003). Academic self-concept and self-efficacy: How different are they really? *Educational Psychology Review*, 15(1), 1-40.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Brickman, P., Gormally, C., Armstrong, N., & Hallar, B. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2), 1-22.
- Britner, S. L. (2008). Motivation in high school science students: A comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 955-970.
- Britner, S. L., & Pajares, F. (2001). Self-efficacy beliefs, motivation, race, and gender in middle school science. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 7(4), 1-15.
- Britner, S. L., & Pajares, F. (2006). Sources of science self-efficacy beliefs of middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 485-499.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard educational review*, 31, 21-32.
- Bryan, R. R., Glynn, S. M., & Kittleson, J. M. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education*, 95(6), 1049-1065.
- Bybee, R. (2002). Scientific inquiry, student learning and the science curriculum. In R. Bybee (Ed), *Learning science and the science of learning*.(pp. 25-35) NSTA Press, Arlington, VA.
- Cakir, M. (2008). Constructivist Approaches to Learning in Science and Their Implications for Science Pedagogy: A Literature Review. *International journal of environmental and science education*, 3(4), 193-206.
- Cavallo, A. M., Potter, W. H., & Rozman, M. (2004). Gender differences in learning constructs, shifts in learning constructs, and their relationship to course achievement in a structured inquiry, yearlong college physics course for life science majors. *School Science and Mathematics*, 104(6), 288-300.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: Self-determination in personality. *Journal of research in personality*, 19(2), 109-134.

- Dewey, J. (1910). The American association for the advancement of science - Science as subject-matter and as method. *Science*, 31(787), 121-127.
- Durlak, C. M., Rose, E., & Bursuck, W. D. (1994). Preparing High School Students with Learning Disabilities for the Transition to Postsecondary Education: Teaching the Skills of Self-Determination. *Journal of Learning Disabilities*, 27(1), 51-59.
- Eccles, J.S., Wigfield, A., & Schiefele, U. (1998). Motivation to succeed. In N. Eisenberg, & W. Damon (Eds.), *Handbook of child psychology (5th ed.)*. New York: John Wiley & Sons.
- Ertepinar, H., & Geban, Ö. (1996). Effect of instruction supplied with the investigative-oriented laboratory approach on achievement in a science course. *Educational Research*, 38(3), 333-341.
- Eurydice (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, European Commission. Available from EU Bookshop. doi:10.2797/7170
- Furtak, E., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. (2009). Recent experimental studies of inquiry-based teaching: A meta-analysis and review. *Paper presented at the European Association for Research on Learning and Instruction*. Amsterdam, Netherlands, 1-52
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- Garner, R. (1990). When children and adults do not use learning strategies: Toward a theory of settings. *Review of educational research*, 60(4), 517-529.
- Geier, CS., Bogner, FX. (2010). Student-centred anti-smoking education: Comparing a classroom-based versus an out-of-school setting. *Learning Environments Research*, 13(2), 147-157.
- Geier, R., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., & Clay-Chambers, J. (2008). Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 922-939.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693-705.
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1159-1176.

- Glynn, S. M., Taasobshirazi, G., & Brickman, P. (2007). Nonscience majors learning science: A theoretical model of motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1088-1107.
- Glynn, S. M., Taasobshirazi, G., & Brickman, P. (2009). Science motivation questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 127-146.
- Graham, S., & Golan, S. (1991). Motivational influences on cognition: Task involvement, ego involvement, and depth of information processing. *Journal of Educational Psychology*, 83(2), 187.
- Gwilliam, L. R., & Betz, N. E. (2001). Validity of measures of math-and science-related self-efficacy for African Americans and European Americans. *Journal of Career Assessment*, 9(3), 261-281.
- Heyne, T., Bogner, FX. (2013). Drug Prevention by Increasing Self-Esteem: Influence of Teaching Approaches and Gender on Different Consumption Groups. *World Journal of Education*, 3(1), 1-12.
- Keeves, J. P. (1998). Methods and processes in research in science. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education, Part Two* (pp. 1127-1153). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- KM, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2004A). *Lehrplan für das Fach Biologie, neunte Jahrgangsstufe*. URL: <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26259>
- KM, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2004B). *Fachprofil Biologie*. URL: <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26386>
- KM, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2004C). *Fachprofil Physik*. URL: <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26382>
- KM, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2004D). *Lehrplan für das Fach Natur und Technik, fünfte Jahrgangsstufe*. URL: <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26334>
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Ed.). (2005A). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Neuwied: Luchterhand.

- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Ed.). (2005B). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Neuwied: Luchterhand.
- Lau, S., & Roeser, R. W. (2002). Cognitive abilities and motivational processes in high school students' situational engagement and achievement in science. *Educational Assessment*, 8(2), 139-162.
- Linn, M. C, Davis, E. A. and Bell, P. (Eds), (2004). *Internet environments for science education* (p.XVi). Routledge, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Marsh, H.W., & Craven, R.G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 133–163.
- Lord, T., & Orkwiszewski, T. (2006). Moving from didactic to inquiry-based instruction in a science laboratory. *The American Biology Teacher*, 68(6), 342-345.
- Lord, T.R. (1999). Are we Cultivating 'Couch Potatoes' in Our College Science Lectures? *Journal of college science teaching*, 29 (1); 59-62.
- Lynch, S., Kuipers, J., Pyke, C., & Szesze, M. (2005). Examining the effects of a highly rated science curriculum unit on diverse students: Results from a planning grant. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 912-946.
- Marsh, H.W., & Craven, R.G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 133–163.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063-1080.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59(1), 14-19
- Meece, J. L. (1997). *Child and adolescent development for educators*. New York: McGraw-Hill.
- Mertens, D. M. (2010). *Research methods in education and psychology. Integrating diversity with quantitative and qualitative approaches*. Thousand Oaks, California: Sage.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

- Nichols, J. D. (2006). Empowerment and relationships: A classroom model to enhance student motivation. *Learning Environments Research*, 9(2), 149-161.
- Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 908-937.
- Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15(1), 77-101.
- NRC, National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press. URL: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962
- NRC, National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press. URL: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596
- Nuthall, G., & Alton-Lee, A. (1995). Assessing classroom learning: How students use their knowledge and experience to answer classroom achievement test questions in science and social studies. *American Educational Research Journal*, 32(1), 185-223.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation. URL: http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf
- Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs and mathematical problem-solving of gifted students. *Contemporary educational psychology*, 21(4), 325-344.
- Pajares, F. (2002). Gender and perceived self-efficacy in self-regulated learning. *Theory into practice*, 41(2), 116-125.
- Pajares, F., & Schunk, D. H. (2001). *Self-beliefs and school success: Self-efficacy, self-concept, and school achievement*. In R. Riding & S. Rayner (Eds.), *Perception* (p. 239-266). London: Ablex Publishing.
- Palmer, D. (2005). A motivational view of constructivist-informed teaching. *International Journal of Science Education*, 27(15), 1853-1881.
- Patrick, H., Mantzicopoulos, P., & Samarapungavan, A. (2009). Motivation for learning science in kindergarten: Is there a gender gap and does integrated inquiry and literacy instruction make a difference. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 166-191.
- Pintrich, P. R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of educational Psychology*, 95(4), 667– 686.
- Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Henriksson H. and Hemmo V., (2007). *Science Education Now: a renewed pedagogy for the future of Europe*, European

- Commission, ISBN - 978-92-79-05659-8. URL: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Prince, M., & Felder, R. (2007). The many faces of inductive teaching and learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14 -20.
- Schunk, D. H. (1985). Self-efficacy and classroom learning. *Psychology in the Schools*, 22(2), 208-223.
- Schunk, D. H., & Meece, J. L. (2005). Self-efficacy development in adolescence. In F. Pajares and T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (p. 71-96). Greenwich, CT: Information Age Publishing
- Schwab, J. J. (1960). Inquiry, the science teacher, and the educator. *The School Review*, 68(2), 176-195.
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein, *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Shepardson, D. P., & Pizzini, E. L. (1994). Gender, achievement, and perception toward science activities. *School Science and Mathematics*, 94(4), 188-193.
- Simpson, R. D., & Steve Oliver, J. (1990). A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74(1), 1-18.
- Stake, J. E., & Mares, K. R. (2001). Science enrichment programs for gifted high school girls and boys: Predictors of program impact on science confidence and motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(10), 1065-1088.
- Staver, J. R., & Bay, M. (1987). Analysis of the project synthesis goal cluster orientation and inquiry emphasis of elementary science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 629-643.
- Stohr-Hunt, P. M. (1996). An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of research in Science Teaching*, 33(1), 101-109.
- Tuan, H. L., Chin, C. C., Tsai, C. C., & Cheng, S. F. (2005). Investigating the effectiveness of inquiry instruction on the motivation of different learning styles students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(4), 541-566.
- Tyler, S. W., Hertel, P. T., McCallum, M. C., & Ellis, H. C. (1979). Cognitive effort and memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5(6), 607-617.
- Von Secker, C. E., & Lissitz, R. W. (1999). Estimating the impact of instructional practices on student achievement in science. *Journal of research in science teaching*, 36(10), 1110-1126.

- Wehmeyer, M. L., & Palmer, S. B. (2003). Adult outcomes for students with cognitive disabilities three-years after high school: The impact of self-determination. *Education and Training in Developmental Disabilities, 38*(2), 131-144.
- Weimer, M. (2002). *Learner-centered teaching: Five key changes to practice*. San Francisco, California: John Wiley & Sons.
- Wigfield, A., Eccles, J. S. (2002). *Development of achievement motivation*. San Diego, California: Academic Press.
- Williams, G. C., & Deci, E. L. (1996). Internalization of biopsychosocial values by medical students: A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology, 70*(4), 767-779.
- Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(3), 276-301.
- Wimpey, A., Wade, C., & Benson, L (2011). Linking Pedagogy to Practice: Improving Student Motivation and Academic Performance in STEM Courses through Inquiry-Based Instruction. Presented at the 2010 *National Association for Research in Science Teaching*, Orlando, FL, April 3-6, 2011
- Yager, R. E. (1991). The constructivist learning model – towards real reform in science education. *The Science teacher, 58* (6), 52-57.
- Zöfel, P. (2002). *Statistik verstehen: ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*. München: Pearson Deutschland GmbH.
- Zusho, A., & Pintrich, P.R. (2003). Skill and will: The role of motivation and cognition in the learning of college chemistry. *International Journal of Science Education, 25*(9), 1081-1094.

E Teilarbeiten

E.1 Publikationsliste

Die aus der vorliegenden Arbeit hervorgegangen Publikationsmanuskripte sind im Folgenden aufgeführt:

Teilstudie A:

Autoren: Schmid, S. & Bogner F.X. (2014)
Titel: „Does Inquiry-Learning Support Long-Term Memory of Knowledge?“
Journal: Life Sciences Education (LSE)
Status: Submitted

Autoren: Schmid, S. & Bogner F.X. (2015)
Titel: “Effects of Students’ Effort Scores in a Structured Inquiry Unit on Long-Term Recall Abilities of Content Knowledge”
Journal: Educational Research International (ERI)
Status: In press

Teilstudie C:

Autoren: Schmid, S. & Bogner F.X. (2014)
Titel: „How constant is science motivation in secondary school classes? A revision of three subscales of the Science Motivation Questionnaire II“
Journal: Journal of Research in Science Teaching (JRST)
Status: Submitted

E.2 Darstellung des Eigenanteils

Alle Teilstudien dieser Arbeit basieren auf der Unterrichtseinheit „Hören – wie machen wir das?“ mit passendem Evaluationskonzept, welche beide von mir entworfen und durchgeführt wurden (siehe C.3 Methoden). Das Unterrichtsmaterial wurde von mir als strukturiertes Inquiry-Material entworfen. Dabei wurden Ideen zu Texten, Modellen, Versuchen und Experimente mit zugehörigem Equipment teilweise von mir aus verschiedenen Quellen entnommen und an die Ziele der Unterrichtseinheit angepasst bzw. teilweise selbstständig von mir entwickelt. Die eingesetzten Erhebungsinstrumente wurden entweder aus der Literatur übernommen oder von mir ad hoc entwickelt und zu den eingesetzten Fragebögen der vier Testzeitpunkte zusammengestellt. Alle empirischen Daten habe ich selbstständig erhoben und ausgewertet. Alle drei Teilarbeiten sind von mir als Erstautor konzipiert und verfasst worden.

E.3 Teilstudie A

Autoren: Schmid, S. & Bogner F.X. (2014)

Titel: „Does Inquiry-Learning Support Long-Term Retention of Knowledge?“

Journal: Life Sciences Education (LSE).

Status: Submitted

Does Inquiry-Learning Support Long-Term Retention of Knowledge?

Sarah Schmid and Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Math & Science Education), Institute of Biology Didactics, University of Bayreuth, University Campus, NWI, D-95447 Bayreuth, Germany

Keywords: Inquiry-based science education (IBSE); secondary school; gender; long-term retention; student centered learning; interdisciplinary learning; Biology; Physics

Abstract: Structured Inquiry-Based Science Education (IBSE) provides the theoretical base for our 9th grader lesson, labeled “The Hearing of Sound”. Participation in the 3 consecutive lessons enables participants to explore the phenomenon of hearing. Participants complete matching hands-on experiments, learn about the theoretical background of these experiments, describe observations and formulate explanations. The study followed a quasi-experimental design with 138 students. The participants’ content knowledge on the subject was monitored 4 times: 2 weeks prior to the lesson (T0), on the day of the lesson (T1), 6 weeks (T2) and 12 weeks after it (T3). Students gained a significant short-term and a long-term increase in knowledge scores after 6 weeks. Furthermore, students showed a constant level of content knowledge when tested after 12 weeks, indicating that students did not forget information within the last six weeks. Furthermore, our inquiry lesson was suitable for both genders, as well as students with both high and low pre-knowledge. In their pre-knowledge boys outperformed girls. However, there was no influence of gender on the knowledge score after the lesson (T1, T2, T3). Conclusions for everyday teaching in school, by using inquiry teaching more frequently are discussed.

Background

Inquiry approach

According to constructivism, knowledge cannot directly be transmitted from one person to another. Instead knowledge construction occurs through active thinking of the learner (Cakir, 2008). Inquiry based learning is a constructivist approach of learning. It enables the learner to construct concepts from experience and from verbal interaction. Through inquiry learning, students have the opportunity of getting first-hand experience in doing science and, to develop inquiry skills (Tamir, 1985).

Inquiry can be defined as “the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching for information, constructing models, debating with peers and forming arguments”, (Linn, Davis, Bell, 2004, p.XVi). Therefore, inquiry-based teaching is increasingly favored as

an improvement tool in science education (Osborne & Dillon, 2008; Rocard et al., 2007). For example, the German national science education standards propose four main competence domains: subject-specific content knowledge, communication, judgment, and methodological knowledge (KMK, 2005a, 2005b). Within “methodological knowledge”, many inquiry-learning related activities are listed and their importance for teaching Biology and Physics is underlined. Although the benefits of using inquiry-based science education (IBSE) are controversial (see Furtak et al., 2009), the proposed benefits have often been confirmed (Wilson et al, 2010; Lynch et al., 2005; Minner and Levy, 2009). Concerning the increase of knowledge and the reduction of the gender gap, Geier, Blumenfeld, Marx, Krajcik, Fishman, Soloway, and Chambers (2008) and Von Secker and Lissitz (1999) found results promoting inquiry based science. However, especially studies regarding long-term retention are rare, which is why the present study was undertaken.

Inquiry-based teaching can be further subdivided into levels of student’s autonomy. Blanchard et al. (2010) provide a clear table of the inquiry levels, based on Abrams, Southerland and Evans (2007) and adapted from Schwab (1962) and Colburn (2000), which describes four levels of inquiry: Level-0/verification, level-1/structured, level-2/guided and level-3/open. The higher the level, the more student autonomy is linked to a block of investigation. For example, in level-0 the teacher decides the question, the method for data collection and also interprets the results. In level-1, interpretation is already up to the students. In level-2, interpretation as well as finding a method for investigation is up to the student. In level-3, the formulation of a question to investigate is also the students’ responsibility. Abrams et al. (2007) stated that for level-3 students need prior experience with inquiry-learning to learn appropriately. In our quasi-experimental study, for comparison reasons, all students needed to work on the same content. Therefore, the inquiry lessons were constructed as “level-1” or “structured” inquiry, where the students focus on understanding the link between experiment and theory, and as well on the interpretation of the results they obtain (Staver and Bay, 1987). Similar to Quintana et al. (2004), we see scaffolding as a key element of cognitive achievement. The teacher coaches, structures tasks in a meaningful way and gives hints, without explicitly giving the solutions to the students. Furthermore, we agree with Mayer (2004), who stresses that a certain way of guidance is always useful in learning instructions. In his review of studies between 1950 and 1980, he found evidence in favor of guided approaches to learning, like guided discovery, whereas unguided, problem-

based instructions such as pure discovery learning did not work well. Mayer (2004) defines guided discovery methods [like structured or guided inquiry] as receiving problems to solve where a teacher provides “hints, direction, coaching, feedback and/or modeling to keep the student on track”. The main activity of a teacher’s work takes place before the actual lesson. It is his/her responsibility to develop and provide high qualitative learning material. That is, a teacher’s role is reduced to the promotion of inquiry-learning by asking open-ended questions like “Tell me what you think about this.”; giving students time to think of an answer; responding to questions by repeating and paraphrasing what students said without praising or criticizing; avoiding telling students what to do; and maintaining a disciplined classroom (Colburn, 2000).

Inquiry-learning material

“Clearly, the contemporary view of how students learn implies content that is deeper than facts and information, a curriculum that is richer than reading, [...], and teaching that is more than telling”: In line with this view of Bybee (2002; p.29), inquiry material should contain the content knowledge that a teacher wants to impart, but leaves space to explore the content. This can be done with the help of questions raised during engagement with the material. A student needs to find a satisfactory answer to such questions, by using his or her motivation und curiosity. This is in line with the claim of Novak (1988) that “most students are not aware that learning is a responsibility they must accept. Teachers have a responsibility to select meaningful material and seek to share his meaning with students, but only the student can choose to learn. They can choose to learn by rote or to learn meaningfully”. The questions raised in the material should have a connection with the everyday life of students and, therefore, connect school contents with relevant scientific problems that might occur throughout a student’s life. Consequently Bransford, Brown and Cocking (2000; p. 139) had stated: “Ideas are best introduced when students see a need or a reason for their use - this helps them see relevant uses of knowledge to make sense of what they are learning”.

In the strategy of inquiry-based science learning, students are the main actors during a lesson. Hands-on working is an important part of inquiry-learning that helps to facilitate the understanding of theoretical knowledge and ideas. However, we agree with Mayer (2004) who stated that “activity may help promote meaningful learning, but [...] the kind of activity that really promotes meaningful learning is cognitive activity (e.g., selecting, organizing, and integrating knowledge). Instead of depending solely on

learning by doing [...], the most genuine approach to constructivist learning is learning by thinking". This is what is meant by the difference of a "cookbook"-level-0-instruction and higher level inquiry. Furtak et al., (2009) stated that the "procedural facet of inquiry-based science" does not involve students proceeding mindlessly through scripted laboratory procedures. Lord and Orkwiszewski (2006) agreed that "While active learning suggests students are physically participating in the lesson, inquiry-learning requires that they are also mentally participating in it".

The structured inquiry lesson we invented for this study was designed to turn the responsibility for learning to the students, by centrally involving them in the thinking process about what the given experiments were for and in linking their observations to the theory provided. Within the three hours, four-person-groups worked on their own, using a provided working booklet. From time to time the teacher was questioning a student group, without involving the attention of the other groups; why they decided to write down a certain answer and let them explain their opinion. It was not sufficient to know what the result of an experiment was, but the material yielded on students understanding why this was the correct answer. Therefore, the teacher only turned to another group, if the students could explain why their answer was correct from their viewpoint. In case a student of the group did not know why the answer the group had decided for, was correct, he let another group member explain it to him. In case the group as a whole was not yet sure of why they decided for their answer, the teacher encouraged them to reread the text and/or observe the experiment again and would come back to them in a couple of minutes, meanwhile questioning another group. Summed up, students needed to read information texts to their group mates fetch and put together experimental set-ups, conduct experiments and answer questions regarding their observations and interpretations of them in regard to the theory provided. It was the students' responsibility to read the texts, fetch the setup, build it up and conduct the experiment in order to be able to answer the provided questions. When students e.g. asked "What do I need to fetch for this experiment?", the teacher would advise them to read the work booklet again. If questions like "Is this the correct answer?" would occur, the teacher would let them explain why they think it may or may not, and therefore let them reconsider their own answer. The students had the opportunity to test the experiments as many times as they liked and also to adapt them to their needs, if they were curious about it, expanding the given questions. The teacher only asked groups to stay focused, when their exploration would shift to mere play without longer concentrating on the questions to answer or when

they were behind the other groups – although both rather rarely took place. Provided material consisted of simple devices like springs, cards, rulers or paperclips etc. but also musical instruments, laptops and freeware software to display graphs of sound waves produced by the students. The phenomena in the texts were carefully selected to connect to students' everyday experiences: like, when questioning how sound is created to think about a rattling window when a truck passes by to focus their attention to vibration. Or when introducing sound intensity and how to protect your inner ear by enlarging the distance to the sound source, with questioning what opportunities they had in a discotheque, when they stand near the speakers. Or when questioning, why the eardrum is larger than the oval window, leading to recognition of a force concentration, giving examples of e.g., why pins are designed the way they are and let them explain observations made with a matching experiment in regard to force concentration and pressure increase.

Our study objectives were three-fold: (i) Classes that learned lesson contents via our structured inquiry unit were analyzed for their capability to comprehend and remember the lesson content, i.e. their content knowledge was repeatedly monitored. Although inquiry is postulated to support many soft skills, in our study we focused merely on cognitive achievement (since it is the main component on which students are assessed for during their school life): If IBSE did not lead to a satisfying learning outcome concerning content knowledge, its soft skill component would be insufficient justification for its use as a daily teaching strategy. Therefore, the first hypothesis was that participating in the provided structured inquiry unit would lead to a significant knowledge increase. (ii) Second, we hypothesized that learning science contents through structured inquiry would lead to a deeper understanding of the content and hence to secure long-term retention. (iii) Third, we hypothesized that our structured inquiry lesson may lead to significant learning in both genders.

Methods:

Our study followed a quasi-experimental design (Mertens, 2010) in which 138 9-graders (Gymnasium), from ten classes and 4 schools participated. The sample size contained 47.83% females. The mean age of the participants was 15.1 years ($SD=+/-0.55$). To all students the taught topic was new. Before grade 9, human senses (NT 5.2.2) only are taught in an overview-like manner with some introduction to air and sonic (NT 5.1.2) in grade 5. A control sample of 64 students from 3 classes was monitored, with

42.19% females and mean age 14.80 years ($SD=+/-0.52$). This control sample did not take part in the inquiry classes and received no instruction on the topic during data acquisition. A repeated measurement ANOVA was applied. The control group did not learn through repeated completion of the knowledge questionnaire: there was no significant impact on the knowledge score at the four measurement times, $p=n.s.$, $F(3, 192)=1.09$, $\text{partial eta-squared}=0.017$.

The applied knowledge scale was embedded into a larger questionnaire which was completed within approximately 40 minutes. All questionnaires were completed within a 14 week schedule. Total data acquisition was completed within one year. The intervention “The Hearing of Sound” consisted of three consecutive school lessons of 45 minutes each, forming an interdisciplinary inquiry unit about how humans hear and what sound is. The content knowledge covered, therefore, combined issues from Biology and Physics.

The four topics of the lessons were:

1. “What is sound?”: a) Sound creation & Movement, b) Frequency & Amplitude
2. “How do we hear?”: a) The outer ear, b) The middle ear
3. “How do we distinguish frequencies?”: a) Resonance and Eigen Frequency, b) The inner ear
4. “The limits of hearing”: a) Natural limits of hearing, b) The risks of noise

The topics within the “working booklet” were arranged roughly according to the following scheme:

1. Title focusing the students on the sub-topic
2. Introductory text about a phenomenon students may have encountered in their life
3. Raising the question about how that phenomenon could be explained
4. Giving an example that helps students to understand the phenomenon
5. Asking questions to be investigated with an experiment or model (setup provided)
6. Students investigate these questions with the experiment or model
7. Students are asked to combine their results with the knowledge gained through the experiment or model, link it to the science behind it, answer questions, as well as fill in clozes to verify their knowledge.

Each group member was given a special task that was rotated between the four group members to ensure every student was engaged and to prevent “the couch potato phenomenon”, described by Lord (1999). These roles were: a) reading the text aloud, b)

fetching the right experimental material from the box, c) conducting the experiment d) writing down the group's conclusions. The student groups worked without tight time constraints.

The teacher had the role of a guide. The teams worked on their own and were asked to contact the teacher just when something could not be solved within the group. The inquiry lesson was the only source of information on the topic. Students were not aware of the repeated testing cycle. Beside the participation in the three hour course, no additional learning phase took place. Therefore, the acquired knowledge is dedicated to the learning during participation in the structured inquiry course. All lessons were conducted by the first author to minimize teaching style dependent effects, and to verify that the teaching material was not changed due to personal preferences of teachers, and was therefore used in the same way in each class.

Questionnaires for evaluating students' content-knowledge were applied about two weeks prior to the school lesson (T0), directly after the school lesson (T1), as well as six (T2) and twelve weeks (T3) after it. We also opted for a further long-term measurement after a period of twelve weeks, since many studies report a decline of content-knowledge in their retention-test (e.g., after six weeks), but the development after this time gap is rarely researched (Bogner, 1998; Dean and Kuhn, 2006).

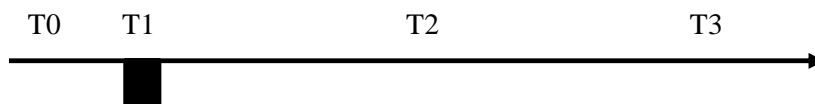


Figure 1: Testing schedule. Back area= lesson. T0= two weeks prior; T1= directly after; T2= six weeks after; T3= twelve weeks after the lesson.

The ad-hoc content knowledge questionnaire consisted of 20 multiple choice items with four possible answers each, only one of which was correct. The item-difficulty-index (Zöfel, 2002) was calculated for each item; subsequently 3 questions were excluded as they were correctly answered by over 80% of persons in the pre-test and thus were not meaningful for analyzing knowledge gain (Zöfel, 2002).

As repeated application of an identical test might influence achievement scores due to repetition (Keeves, 1998), students were never aware of any testing schedule or of any repeated testing situation. Additionally, the order of the questions and the position of the right answer were randomly distributed for each time point. All questionnaires were handed out as paper and pencil tests to be completed under controlled conditions. The maximum possible score of the knowledge test was 17. In classical test theory the mean-

item-difficulty is the percentage of participants that answered the item correct. Over all testing time points it was 50.3% (T0=30.2%, T1=67.0%, T2=52.9% T3=51.1%). Classical test theory was applied for Cronbach's Alpha. The multiple choice test had a mean reliability index of .67 (Cronbach's Alpha; T0=.632, T1=.709, T2=.647, T3=.679). All items aim for measuring content knowledge and had a positive discrimination index.

What is the frequency of a particle that vibrates 1000 times in 2 seconds?

☐ 1000 hertz

☐ 2000 hertz

☐ 500 hertz

☐ 250 hertz

Which characteristic of a sound determines how much the basilar membrane will be moved?

☐ The frequency

☐ The rhythm

☐ The amplitude

☐ The speed

When a sound wave travels through the room ...

☐ ... it causes a wind to blow that carries the sound particles

☐ ... the wave carries "sound particles" from the sound source to the ear

☐ ... it causes a repetition of refraction and condensations in the air

☐ ... the wave changes the frequency

'Ultrasound' is a sound that is _____ than humans are able to hear.

☐ Louder

☐ Higher

☐ Faster

☐ Slower

Figure 2: Example questions from the multiple choice knowledge questionnaire.

For statistical analyses SPSS (version 20) was used. Missing data was excluded list-wise. Raw-data was transformed to gain homogeneity of variance needed for parametric tests (knowledge scores: $\log(10)+1$; knowledge gain: $\log(10)+13$). All statistical tests concerning knowledge scores or gain take these transformed data as source. However, for a more meaningful interpretation graphs are based on the untransformed data. Data was analyzed by t-test, repeated measurement ANOVA (mixed design) and one-way independent ANOVA.

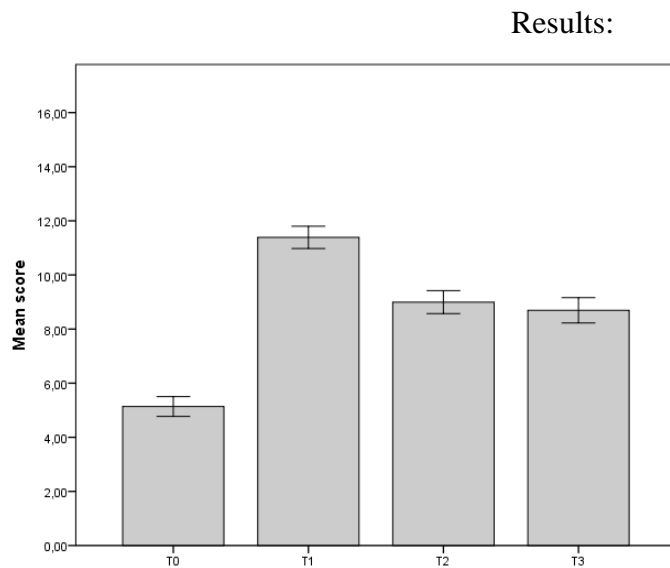


Figure 3: Bar chart of the mean number of right answered knowledge questions grouped for each time point of measurement. T0 =2 weeks prior, T1=directly after, T2=6 weeks after, T3=12 weeks after the inquiry lesson. Max=17 right answered questions. Error bars = 95% CI.

Repeated measurement ANOVA was applied to test if the consecutive time points of measurement differ significantly. Knowledge scores differed significantly over the time points: $p < 0.0001$, $F(2.1, 286.22) = 173.52$, partial eta-squared = 0.561. Students learned significantly through the inquiry lesson. The knowledge score of T0, two weeks before the lesson, was significantly lower than the knowledge score of T1, directly after the lesson, $p < 0.0001$, $F(1, 136) = 351.24$, with a large effect size partial eta-squared = 0.721. Afterwards, some content knowledge was lost again, comparing T1, directly after the lesson and T2, six weeks after the lesson, $p < 0.0001$, $F(1, 136) = 105.36$, eta-squared = 0.437. However, a further six weeks later (T2 -T3), the students lost no more knowledge, meaning that they are capable of recalling as much after twelve weeks as they could recall after six weeks, $p = n.s.$, $F(1, 136) = 0.05$, partial eta-squared = 0.0001.

A second repeated measurement ANOVA was used to test, if the knowledge scores for short and long-term learning were significant. The inquiry intervention lead to a significant short term increase in knowledge scores directly after the lesson (T0-T1) $p < 0.0001$, $F(1, 137) = 322.41$, with a large effect size of partial eta-squared = 0.702, as well as to a long-term increases in knowledge scores after six weeks (T0-T2) $p < 0.0001$, $F(1, 137) = 148.12$, with a large effect size of partial eta-squared = 0.521, and after 12 weeks (T0-T3) $p < 0.0001$, $F(1, 137) = 135.50$, with a effect size of partial eta-squared = 0.497.

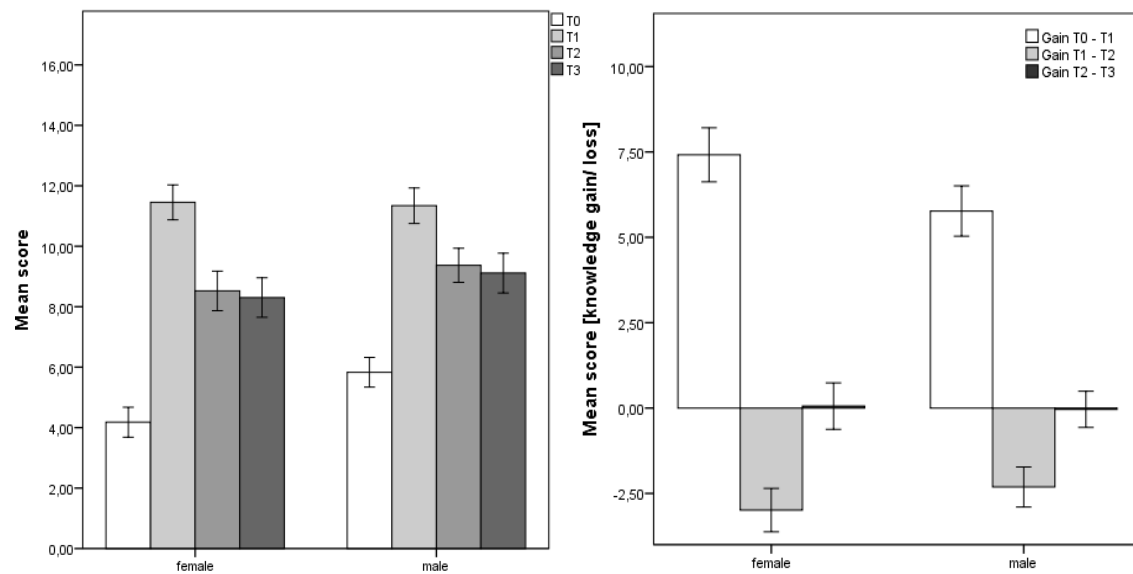


Figure 4: A) Bar charts of the knowledge score at successive time points of measurement, separated for male and female. X-axis: Gender, Y-axis: mean number of questions answered right; max=17. B) Bar charts of the median gain (or loss) of knowledge, grouped for the time span between consecutive time points of measurement. F.l.t.r.: T0-T1, T1-T2, T2-T3. T0=2 weeks before, T1=directly after, T2=6 weeks after, T3=12 weeks after the inquiry class. Error bars= 95% CI.

Figure 4a shows the knowledge level throughout the different time points of data acquisition for boys and girls. To test a potential gender discrepancy regarding pre-knowledge score (T0), a t-test was applied. As the genders differ in their pre-knowledge, with boys outcompeting girls (mean T0♂ = 0.8115, SE=0.20; mean T0♀ = 0.65, SE=0.23, $p < 0.0001$, $r = 0.35$), a repeated measurement ANOVA with mixed design was applied for further analyses. The interaction of gender and the time-points of measurement of knowledge scores was significant, $p = 0.002$, $F(2.11, 286.22) = 6.39$, partial eta-squared = 0.045. This means that the overall knowledge scores are different for boys and girls.

In detail, gender produced a highly significant effect when comparing two weeks before the lesson (T0), and directly after the lesson (T1), $p < 0.0001$, $F(1, 136) = 11.22$, partial eta-squared = 0.076. This is due to boys starting with a higher pre-knowledge than females (see t-test above). However, gender did not influence further learning. There was no influence of gender on the knowledge score directly after the lesson (T1) to six weeks after the lesson (T2), $p = \text{n.s.}$, $F(1, 136) = 1.44$, partial eta-squared = 0.010. Nor was there a significant gender effect in knowledge level six weeks (T2) and twelve weeks (T3) after the lesson, $p = \text{n.s.}$, $F(1, 136) = 0.21$, partial eta-squared = 0.002. This means that boys and

girls reached the same knowledge level, despite different pre-knowledge, as well as that the levels of recall of content knowledge were the same for both genders.

Figure 4b shows the knowledge gain of boys and girls. For analysis a one-way independent ANOVA way applied. The knowledge gain from T0 to T1 was greater for girls than for boys. This difference in knowledge gain was significant $F(1,136)=4.0$, $p=0.048$, $r=0.17$. The higher direct benefit from the inquiry lesson for girls was due to the females starting with a significantly lower pre-knowledge in T0 (see above/ figure4a). The knowledge loss from T1 to T2, as well as from T2 to T3 were not significantly different for boys and girls, $F_{T1-T2}(1,136)=0.147$, $p=n.s.$, $r=0.03$, $F_{T2-T3}(1,136)=0.003$, $p=n.s.$, $r=0.001$.

Discussion:

Inquiry lesson leads to substantial learning

First of all, our data (figure 3) follow typical learning patterns with a short-term peak and long-term decrease (e.g., Heyne and Bogner, 2012; Geier and Bogner, 2010): students learn and partially forget content-knowledge, but the level never drops below the before lesson level. So students learned substantially through a structured inquiry lesson. As no additional learning phase on the course content took place, the knowledge reflected in the test-scores must have been learned through the active participation in the course. This finding is in line with Von Secker and Lissitz (1999), who described teacher-centered instruction as negatively associated with general science achievement, while mean science achievement is expected to increase by about 0.4 SD for every SD increase in the amount of emphasis placed on laboratory inquiry. Marx et al. (2004) also showed that in a year-long study in an urban school area, where students were historically low achievers in science, students were able to significantly improve scores via inquiry as demonstrated by post-tests after the school year.

Inquiry lesson leads to formation of long-term retention

Even after twelve weeks, students could recall as much as they did six weeks after a lesson, indicating a constant level for six weeks. This result strongly suggests that learning through inquiry-lessons substantially contributes to the formation of long-term retention.

There are very few studies about long-term effects of inquiry lessons. Anderson (1997) stated that neurocognitive theory supports learner-centered science instructions: "Active involvement by the learner maximizes activation of schemata, [...] especially

when the tasks are perceived as being facilitatory for problem-solving [...]. Multimodal learning promotes more stable schema formation by simultaneously activating different cortical modules and enhances linkages among the [neural] networks. This stabilizes the information and makes it more accessible for reconstruction later [...]". This would explain why students retained information from week 6 to week 12 after the inquiry intervention. The level of knowledge formed within the first six weeks after a lesson would remain long-term. Nuthall (1995) observed how students use their knowledge and experience to respond to achievement tests by using multiple-choice questionnaire before an intervention and directly after. Selected interviews two weeks after the intervention yielded reasons why specific answers had been given and where students obtained their information from (e.g., school or family and media). A further 12 months later, participants completed the questionnaire again, and thought "aloud" about how and where their information originated from. In total, recalling relevant item answers was closely associated with the recollection of the episodic and/or semantic content of the original learning experience. Since the original learning experience was so important for recall, this suggests why our structured inquiry lesson apparently helped students not to forget information between week 6 and 12. As they took responsibility for working through the learning material and conducting experiments with their group, students were actively involved at every stage of knowledge building about a subtopic of the lesson. For instance, they read about the phenomenon, tested models, were asked how the model relates to the real phenomenon, were asked to decide if the fillings of a cloze were right or wrong, were urged to discuss problems and results with their peers and write their answers and conclusions down. This probably provided a broad base from which to retrieve a correct answer to the content-knowledge test. As Nuthall (1995) concluded, "students who have learned more in classrooms may perform better on achievement tests, not because they have learned more answers, but because they have more alternative parallel ways of solving the problems posed by the test items".

Matching results also come from Blank (2000), who described students as recalling significantly more content-knowledge, two and six months after the end of an inquiry intervention, when they had been asked to make explicit their prior knowledge and to discuss the status of their conceptions and ideas throughout the course (metacognitive group), compared to students who completed the same inquiry lessons, but were not asked to record their thoughts. The actual learning gains of both groups were similar, directly before and after the treatments. However, long-term retention two and six months

later differed: Students of the metacognitive learning cycle could recall significantly more. The students in our inquiry lesson were required to think actively to make sense of the written information, the experiments and their observations, while discussing the content with their peers. We conclude that active participation by hand and brain made the experiences during the lesson very “vivid” in the memory of the students, so that the learned content could be retrieved relatively easily, even 12 weeks after the intervention.

Although our inquiry lesson lasted just for half a day, significant learning outcomes and long-term effects on content learning were achieved. Together with the study of Geier et al. (2008), that indicates that a higher frequency of inquiry units results in higher achievement, this should be a signal towards the more frequent use of well-organized inquiry lessons. The meta-analysis of Furtak et al. (2009), also found indications that an inquiry treatment of between five and seven weeks had a higher impact on students learning than those lasting up to one week, supporting the higher frequency.

Inquiry can close the gender gap and is suitable for strong and weak students

Although males scored significantly higher on pre-knowledge before the lesson, our inquiry lesson made this gender difference in content-knowledge disappear. Immediately after the lesson, the female’s mean score no longer differed from the male’s one, although both genders had significantly increased knowledge through the lesson. Even with lower pre-knowledge females were able to fully catch up.

Supporting results come from Geier et al. (2008), who found that participation in at least one inquiry course resulted in a reduction of the gender gap. African-American boys, who are reported as often being outperformed by girls in US urban schools, closed the gender gap by gaining relatively more from an inquiry unit. This is in line with our results. Therefore, our study adds to the body of research that shows that inquiry-learning can help to reduce the gender gap, especially by being relatively more helpful for the disadvantaged group of learners without ignoring the needs of the rest of the class.

Achievement gaps in science classes can probably explain a high percentage of the skewed decision between the genders for later career opportunities in science. We would therefore welcome more inquiry-based science lessons throughout a student’s school life, to increase decisions for a career in science. Especially if a more equal distribution in science careers between genders is desired by policy makers and politics, structured inquiry-teaching could be the solution. Inquiry is not especially suitable for a certain gender, rather inquiry is suitable for all students, but it reduces the barriers for learning

and retention. The student centered way of teaching inquiry, where students can work and learn in small groups, in their own pace, and with less competition gives room to students to not to be afraid of asking questions or discussing with peers by tasks that are engaging, foster curiosity and motivation. These are circumstances especially beneficial for students that otherwise may not even want to try to investigate the learning content, because they feel not capable or are afraid of social pressure. These may be the reasons why the learning environment of inquiry based teaching seems to be especially fruitful for thitherto disadvantaged students.

4. Pre-knowledge is not crucial for achievement

Females not only caught up directly after the intervention, but their later scores did also not differ from the boys' in week 6 and 12. Thus, although girls needed to learn more new facts, they were able to remember these new facts for at least 12 weeks. As they did not forget more than the boys, this indicates that they were capable of remembering more facts in total (T0-T3). As a conclusion, girls were able to gain more from our inquiry lesson which brought both gender to the very same level of content-knowledge without disadvantaging either. This result precludes pre-knowledge as a limiting factor for learning by inquiry and demonstrates that this teaching method can be an especially positive way of learning when the class consists of strong and weak students. Therefore, we can confirm Johnson and Lawson (1998), who found that prior knowledge did not account for a significant amount of variance in final science exams of college students, regardless whether taught with [open] inquiry or expository methods.

Conclusion:

Our study showed the hypothesized positive effects of inquiry-based science teaching, leading to a better learning outcome and showing its suitability for both genders, but especially supporting female learning needs (Rocard et al 2007). Our inquiry-based lesson was shown suitable for students with both high and low pre-knowledge. Additionally, it also seems equally suitable for both genders, as both ended up with a similar learning outcome despite significant differences in pre-knowledge. In summary, this inquiry lesson led to a well-informed class, despite individual differences between participants. It also led to a class that evidently has successfully organized long-term retention, as they are capable of recalling information and have understood principles needed to answer content knowledge questions. With regard to what students go to school

for, and why teachers are actually teaching, an at least 3-month recall ability seems to be a very strong argument in favor of structured inquiry.

This long-term retention was formed using a structured inquiry approach, and we agree with Mayer (2004), who states, “Activity may help promote meaningful learning, but instead of behavioral activity per se (e.g., hands-on activity, discussion, and free exploration), the kind of activity that really promotes meaningful learning is cognitive activity (e.g., selecting, organizing, and integrating knowledge). [...] the most genuine approach to constructivist learning is learning by thinking. Methods that rely on doing or discussing should be judged not on how much doing or discussing is involved but rather on the degree to which they promote appropriate cognitive processing. Guidance, structure, and focused goals should not be ignored”.

To achieve long-lasting knowledge students need to be given demanding learning goals. It is quite an effort to create learning environments that are more than a lecture talk and more than discovery learning. Students need directions and the possibility to think for themselves. This needs time, but it seems that the actual value of doing and understanding something oneself is that these facts can be remembered better (Nuthall, 1995; Blank, 2000). A very important point when students are engaged in active understanding is that a teacher has confidence in his students. If a student asks how a certain word is spelled correctly, the teacher should not divulge the answer, but teach the student to look it up in the dictionary. The student will not only learn and remember how the word is written, but he will learn additionally how to solve similar questions. Essentially this is what structured or guided inquiry is about. It's about teaching content through the understanding of mechanisms that can be applied in general, and it teaches students to take responsibility for their learning. Staying with the example of the dictionary, in a modern classroom, walking to the shelf to look up a word must not be classified as disturbing the lesson, but as taking advantage of the learned mechanism.

With the background of this and other studies that show that learning with structured or guided inquiry is beneficial, there is a demand for change in classrooms and schools. To be able to teach by inquiry-learning, teachers need to be given professional development on the difference between what is “too much” and “too little” guidance for their students. This is not only necessary for class management, but in the creation of learning tasks or worksheets with which the students can learn long-term. Divulging the answer too quickly and using “cookbook” labs will probably lead to the “couch potato”-effect (Lord, 1999) and students who learn by rote learning rather than by understanding.

When lab time is to be applied of which students should do more than do the given steps of an experiments and copy the meaning of the results in their documents, time is needed. Therefore there is a need to extend the time in which students are confronted with science subjects in school. Science should be taught in e.g., two consecutive hours instead of two single hours, and there should be time for “science days” or “research weeks”.

It is probably necessary to reduce the gender gap long before university entry. Inquiry-learning seems to be a good tool to narrow or close this gender gap e.g., in middle school. Politics now need to emphasize the goals they proposed in the teaching standards in 2005 (KMK, 2005a, 2005b), and provide teachers and schools with matching support to increase their expertise e.g., in teaching activities similar to inquiry-learning (see “methodological knowledge”-goals).

Inquiry is not the only teaching method that can be used. It is clear that it cannot always be used to the full, e.g., because of time constrictions. But teachers can use inquiry by focusing on certain aspects whenever they see the chance to take advantage of it. For example, the focus can be set on formulating hypothesis on the base of background information, planning experiments for a desired outcome, predicting outcomes of experiments, collecting data, structuring data, evaluating data, formulating explanations and results, comparing predictions to results, communicating results, or discussing results and interpretations. Teachers should also demand that their students be more pro-active. Already a single event of a three hour inquiry lesson had a positive effect on the long-term retention of content knowledge in the study presented here. Studies, like the one of Geier et al. (2008) and Stohr-Hunt (1996), suggest a cumulative effect of the frequent use of inquiry during a student’s school life. More frequent use of structured or guided inquiry in school will probably increase the benefits for students in science classes. It needs to be clear that students need not remember each single activity or experiment years after they have left school, but they need to remember how they can approach a certain type of problem, or how they can assess scientific debates in the media relevant to their lives.

Our study was funded by the European Commission (PATHWAY, FP7-Science-in-Society-2010-1, THEME SiS-2010-2-2.1-1; 266624). Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the European Commission.

References:

- Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Anderson, O. R. (1997). A neurocognitive perspective on current learning theory and science instructional strategies. *Science Education*, 81(1), 67-89.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616
- Blank, L. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding?. *Science Education*, 84(4), 486-506.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17-29.
- Bransford, J. , Brown, A., and Cocking, R., eds. 2000. *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Bybee, R. (2002) Scientific inquiry, student learning and the science curriculum. In R. Bybee (Ed), *Learning science and the science of learning*.(pp. 25-35) NSTA Press, Arlington, VA.
- Cakir, M. (2008). Constructivist Approaches to Learning in Science and Their Implications for Science Pedagogy: A Literature Review. *International journal of environmental and science education*, 3(4), 193-206.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Dean Jr, D., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, 91(3), 384-397.
- Furtak, E., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. (2009). Recent experimental studies of inquiry-based teaching: A meta-analysis and review. *European Association for Research on Learning and Instruction*. Amsterdam, Netherlands.
- Geier, CS., Bogner, FX. (2010). Student-centred anti-smoking education: Comparing a classroom-based versus an out-of-school setting., *Learning Environments Research*, 13(2), 147-157.
- Geier, R., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., & Clay-Chambers, J. (2008). Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 922-939.

Heyne, T., Bogner, FX. (2013). Drug Prevention by Increasing Self-Esteem: Influence of Teaching Approaches and Gender on Different Consumption Groups, *World Journal of Education*, 3(1), 1-12.

Johnson, M. A., & Lawson, A. E. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *Journal of research in science teaching*, 35(1), 89-103.

Keeves, J. P. (1998). Methods and processes in research in science. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education, Part Two* (pp. 1127-1153). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Linn, M. C, Davis, E. A. and Bell, P. (Eds), (2004). *Internet environments for science education*.

Lord, T., & Orkwiszewski, T. (2006). Moving from didactic to inquiry-based instruction in a science laboratory. *The American Biology Teacher*, 68(6), 342-345.

Lord, T.R. (1999). Are we Cultivating 'Couch Potatoes' in Our College Science Lectures? *Journal of college science teaching*, 29 (1); 59-62.

Lynch, S., Kuipers, J., Pyke, C., & Szesze, M. (2005). Examining the effects of a highly rated science curriculum unit on diverse students: Results from a planning grant. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 912-946.

Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063-1080.

Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59(1), 14.

Mertens, D. M. (2010). *Research methods in education and psychology. Integrating diversity with quantitative and qualitative approaches*. Thousand Oaks, Calif: Sage.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15(1), 77 – 101.

Nuthall, G., & Alton-Lee, A. (1995). Assessing classroom learning: How students use their knowledge and experience to answer classroom achievement test questions in science and social studies. *American Educational Research Journal*, 32(1), 185-223.

Osborne, J.F., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections. A Report to the Nuffield Foundation*.

Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., et al. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 337–386.

Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Henriksson H. and Hemmo V., (2007) *Science Education Now: a renewed pedagogy for the future of Europe*, European Commission, ISBN - 978-92-79-05659-8

KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Ed.). (2005A). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss* [Biology education standards for middle school graduation]. Neuwied: Luchterhand.

KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (Ed.). (2005B). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss* [Physics education standards for middle school graduation]. Neuwied: Luchterhand.

Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein, *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Staver, J. R., & Bay, M. (1987). Analysis of the project synthesis goal cluster orientation and inquiry emphasis of elementary science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 629-643.

Stohr-Hunt, P. M. (1996). An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of research in Science Teaching*, 33(1), 101-109.

Tamir, P. (1985). Content analysis focusing on inquiry. *Journal of Curriculum Studies*, 17(1), 87-94.

Von Secker, C. E., & Lissitz, R. W. (1999). Estimating the impact of instructional practices on student achievement in science. *Journal of research in science teaching*, 36(10), 1110-1126.

Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.

Zöfel, P. (2002). *Statistik verstehen: ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*. Pearson Deutschland GmbH.

Appendix: Exemplary workbook material. Topic 1 “What is sound?”, part a) “Sound creation & movement”. Extracted is the part on the movement of sound.

...

3. Do air molecules and sound travel the same distance?

After the air particles at the sound source are set in vibration by the vibration of the sound source, the air particles next to them vibrate as well and these bring their neighbors to vibrate as well, and so forth. The sound is moving in a wave pattern through the air. Scientists call it **sound wave**.

Question:

But how does the sound cross the far way from the sound source to your ear? We will compare the sound with something we already know to understand that.

3.1 Comparison: The Mexican wave

A **sound wave** behaves like a Mexican Wave: the wave moves forward and travels big distances while the air particles that move when the wave passes only move around their original position. People only move their arms to create the Mexican Wave, they do not go anywhere themselves.

Figure 1: Fans do a Mexican Wave at a sports game.

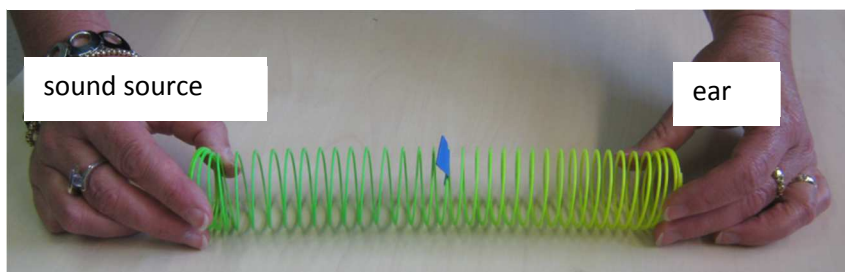
Photo not part of display

3.2 Experiment2: The spring

Imagine the spring as the air between the sound source and your ear. Each ring of the spring is an air particle. One air particle we marked. The sound wave moves rythmically when there is a sound, and is stops when there is silence.

Question: You still want to find out how the sound does travel from the sound source to your ear.

Figure 4: A marked spring.



Execution:

- Place the **slinky** with the **marked air particle** on the table.
- Stretch the slinky. Hold both ends of the slinky (sound source and sound receiver)
- Strongly push one end of the slinky rhythmically in the direction of the other hand, and pull it back to its starting point. Repeat the movement.

Observations:

1. Does the marked part of the spring travel all the way from the sound source to the sound receiver side?

When you stop the movement, where is the marking positioned in the spring?

2. Each air particles in a sound wave behaves like the marked point in the slinky when a sound wave is moving across a room.

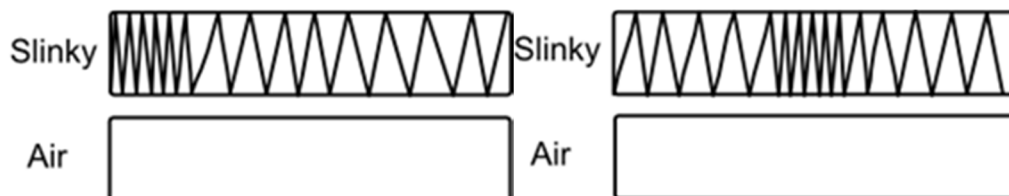
Is the following statement right or wrong? Give reasons!

“Each air particle of a sound wave moves through the whole room, from the sound source to your ear.”

3.4 Sound waves

Do you see the similarity between the wave in the spring, the movement of the Mexican wave and the movement of a sound source through the air? Let us exploit these similarities!

1. Draw the denseness of air particles (use little dots) in the tube under the corresponding pattern of the moving slinky. Both, the compression of the spring and of the air tell you how the sound wave moves.



2. Try to make sense of the following text by filling in the missing words, and crossing out the wrong words in brackets.

“A sound wave is actually a wave of _____ and _____ of air particles in a certain part of the air. Scientists describe it as well as pressure wave. In the zones where the air is compressed the air pressure is therefore (higher/lower) as the normal background air pressure. In the zones where the air is rarefied the air pressure is (higher/lower) as the normal background air pressure.”

...

E.4 Teilstudie B

Autoren: Schmid, S. & Bogner F.X. (2015)
Titel: "Effects of Students' Effort Scores in a Structured Inquiry Unit on
Long-Term Recall Abilities of Content Knowledge"
Journal: Educational Research International (ERI)
Status: In press

Research Article

Effects of Students' Effort Scores in a Structured Inquiry Unit on Long-Term Recall Abilities of Content Knowledge

Sarah Schmid and Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Math & Science Education), Institute of Biology Didactics, University of Bayreuth, University Campus, NWI, 95447 Bayreuth, Germany

Correspondence should be addressed to Sarah Schmid; sarah.schmid@uni-bayreuth.de

Received 1 October 2014; Revised 13 January 2015; Accepted 22 January 2015

Academic Editor: Eddie Denessen

Copyright © 2015 S. Schmid and F. X. Bogner. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The influence of students' investment and perception during participation in structured inquiry-based learning on their long-term retention was analyzed to gain more insights into the underlying reasons for long-term retention through structured inquiry learning. Therefore achievement was correlated to effort, lesson rating and perceived competence for learning (PCL), and subject grades. 126 ninth graders participating in a structured inquiry-based interdisciplinary Biology and Physics module were analyzed. Students' knowledge was even measured four times: 2 weeks before, directly after, and six and 12 weeks after module participation. Effort, usefulness, and PCL were observed once, directly after module participation. The invested effort during the lesson correlated positively with the knowledge score measured six weeks and twelve weeks after the lesson. Thus, high effort individuals achieved high knowledge scores at the medium and the long-term measurement. Therefore, effort is a variable that seems to be linked to long-term achievement. Furthermore, Biology and Physics grades reflected individual abilities to acquire long-term knowledge, while a high preknowledge level did not. This result indicates learning strategies as possible core concept underlying individual achievement levels.

1. Introduction

The literature seems consistent in the fact that learning and achievement are affected by various student attributes (self-concept, prior abilities, and interest [1]; motivation, values, performance goals, and perceived ability [2]; learning strategies and the impact of learning environment [3, 4]; social interactions [5]; cognitive strategies, competence, learning goals, and so forth (see, e.g., [6]). Nichols [7] even narrowed the influence down and stated that, besides a variety of factors which are linked to success or failure, the most critical components for success concentrate on attitudes of ability and effort.

In a prior study, we have analyzed the effects of a structured inquiry-based lesson on the achievement of 9th graders. We showed that students increase their content knowledge through the inquiry unit, especially with regard to long-term retention (observed 12 weeks after the lesson) [8]. Therefore, it is of interest now to enquire how students

rate certain aspects invested during lesson participation, which may have sustained their learning and long-term retention of content knowledge through structured inquiry-based learning. In particular their invested effort and their perceived usefulness of the lesson, as well as how they rated their perceived competence of learning during the inquiry lesson, were measured.

Characteristics of Inquiry-Based Science Courses. According to Yager [5], learning outcomes are interactive results depending on the kind of information encountered and how a student processes it. As learning is the product of self-organization and reorganization, knowledge requires the active participation of the learner. Linn et al. [9] define inquiry as “the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching for information, constructing models, debating with peers and forming arguments.” Inquiry-based learning tasks are constructed to emphasize independent

TABLE 1: Pearson's correlation coefficients of the three sub-/scales IMI-V, IMI-E, and PCL. The corrected alpha threshold is 0.0167 for the three correlations. $n = 126$. * $P < 0.0167$.

		Usefulness	PCL
Effort	r	0.559*	0.486*
	P	<0.001	<0.001
Usefulness	r	1	0.538*
	P	/	<0.001

TABLE 2: Pearson's r for effort, usefulness, and perceived competence on the content knowledge. The corrected alpha value is 0.005 for the following correlations. * $P < 0.005$. "n.s." indicates P values above 0.005.

		T1	T2	T3
Effort	r	0.101	0.253*	0.253*
	P	n.s.	0.004	0.004
Usefulness	r	0.027	0.121	0.206
	P	n.s.	n.s.	n.s.
PCL	r	0.176	0.256*	0.233
	P	n.s.	0.004	n.s.

and critical thinking. In inquiry-based teaching students can work rather freely on their tasks, perform experiments hands-on, and make their own observations and conclusions upon them. The engagement of students with the learning content is multimodal. The learning content often is presented in a way that students can connect it to their everyday life. They also work without tight time constraints and in small groups with their fellows. They take responsibility for their learning. Additionally the teacher does not control every step students take to accomplish a task but encourages students to think of explanations for themselves (problem based thinking). The design of the learning activities and the distribution of authority are important structures in inquiry-based teaching, as these are two pillars of inquiry lessons that differ greatly from traditional, teacher centered lessons. Inquiry-based learning is a teaching approach based on problem-solving strategies [10]. The empowerment of students is taken into account in inquiry-based learning, as the teacher steps back to the role of a guide instead of presenting the center of attention for the classroom, providing all the answers. Inquiry-based learning can be accomplished in several levels in which the pre-given structures by the teacher and the autonomy of the students vary accordingly (see, e.g., [10]). The extremes to both sides have been critiqued: the too tight structures of teacher centered lessons, leaving no room for autonomous student actions and reasoning, as well as open inquiry (sometimes mistaken as discovery learning) with very few predefined structures but very high student autonomy (see, e.g., [11, 12]). However, we agree with Mayer [13] that scaffolding is crucial but that students at the same time need the possibility to learn through active cognitive participation, like in intermediate inquiry levels.

We used the structured form of inquiry-based learning, where students focus on the interpretation of results and the understanding of the linkage between experiment and

TABLE 3: Students' grades and knowledge scores. The corrected alpha value for the following correlation was 0.0125. Correlations were calculated according to Pearson. $n = 126$, * $P < 0.0125$. "n.s." indicates P values above 0.0125.

Grade	Knowledge score at	T0	T3
Biology	r	-0.221	-0.237*
	P	n.s.	0.008
Physics	r	-0.213	-0.360*
	P	n.s.	<0.001

TABLE 4: Control group students' grade and knowledge scores. The corrected alpha value for the following correlation is 0.0125. Correlations were calculated according to Pearson. $N = 62$. * $P < 0.0125$. "n.s." indicates P -values above 0.0125.

Grade	Knowledge score at	T0	T3
Biology	r	-0.151	-0.071
	P	n.s.	n.s.
Physics	r	-0.074	-0.160
	P	n.s.	n.s.

theory [14]. It is also in line with the benchmarks for science literacy of the American Association for the Advancement of Science [15], enabling students to understand the reasons of an investigation and to analyze claims made from the collected data. Structured inquiry-based teaching is closer to teacher centered teaching on the inquiry-continuum. The teacher provides predefined learning activities with tasks to accomplish and questions to be answered. However, the students need to take responsibility for their learning when working on the material provided. The teacher is not the main actor of a structured inquiry class. Students are encouraged to work without constant guidance from the teacher. In particular they need to draw their own conclusions based on the information read in the provided material and their observations made when conducting experiments. By working in small teams and without constant control from their teacher, students are encouraged to discuss and solve problems with their peers instead of demanding answers from the teacher. By taking responsibility for their learning during a lesson, students should become more independent in reasoning and exploring, thereby engaging in the teaching material more fully, leading them to understand the learning topic and enabling them to recall learned information on the longer term. We decided for structured inquiry-based teaching as the students in our study were not used to inquiry learning. By transferring not too much responsibility to their hands and withdrawing not too much scaffolding from them, the risk of overburdening was meant to be held low.

In inquiry learning, the acquisition of content knowledge is not the only desired outcome, but the fostering of critical thinking and soft skills like participating in a discussion, making observations, relating information read with results obtained from an experiment, working in teams, and handling experimental setups are also regarded as important. However, unfortunately, in school the score in a test remains the main measure of the ability of a child. These tests also

mainly ask for content knowledge, which is why we use content knowledge as a measure of what has been learned, although the students most probably gained much more from the lesson than just facts.

1.1. Mechanisms Underlying Improved Learning through Inquiry-Based Learning. A crucial element of the learning process in inquiry-based classes could be the motivation to learn and especially the effort students invest into their learning attempts. Motivation to learn science can be defined as an internal state that arouses, directs, and sustains science learning behavior [16]. Effort can be defined as “a vigorous or determined attempt” to achieve something, for example, to achieve understanding the content of the lesson [17]. Motivation had been found to be increased when students learned through inquiry-based learning. For example, Gibson and Chase [18] found that if inquiry-based teaching is used for science teaching, students retain higher interest and also become more motivated to put more effort into their learning. Additionally, Tuan et al. [19] found that inquiry instruction can increase motivation toward science learning more than traditional science teaching.

Nichols [7] suggested that lessons that are based on social relationships and that encourage student autonomy, like inquiry-based lessons do, could lead to an improvement of motivation and achievement. Also Ertepmar and Geban [20] described students in an investigative-group as higher scoring regarding knowledge and comprehension levels than students of a worksheet-group; both authors concluded that problem solving requires more than only the knowledge of facts, since it also requires knowledge about the way information is represented and organized. They argue, furthermore, that the acquisition of concepts is enhanced when students have the opportunity to practice hands-on investigative activities. Nieswandt [21] stated that connecting various isolated pieces of information or applying newly learned information to everyday life phenomena may lead to meaningful conceptual understanding, while, for example, simple recalling may only lead to short-term knowledge. The multimodal nature of inquiry learning might enable students to retrieve learned information more easily, due to better accessibility through various pathways [8]. Lau and Roeser [22] identified engagement as a key mediating process in the commitment pathway linking person variables to achievement outcomes. Tyler et al. [23] also found that tasks requiring higher effort may lead to better recall than tasks requiring a lower level. It therefore seems that effort may play a crucial role in the process of understanding and retaining new learning material. In addition to the invested effort during the lesson, we also analyzed students' perceived usefulness of the lesson and their perceived learning competence to gain more insights into which factors might promote long-term retention through participation in structured inquiry learning settings [8].

Consequently, the main objectives of our study focused on the relationship of (i) students' effort, (ii) perceived usefulness of the lesson, and (iii) perceived competence for learning on students' short- and long-term achievement

in a structured inquiry intervention about acoustics and the ear. Furthermore, we analyzed the impact of students' grades in Biology and Physics on their short- and long-term achievement (vi). We derive practical advice for teaching structured inquiry-based learning in school as far as the data allow and for knowing which variables can affect learning, since long-term retention may support the classroom of tomorrow, in order to produce better informed students.

2. Methods and Procedures

2.1. Participants. Our study followed a four-point testing schedule: pretest, posttest, and two retention tests and followed a quasi-experimental design [24]. Participants were all high-achieving 9th graders (Gymnasium). 126 ninth graders from ten classes (47.83% females) participated in our study. The mean age was 15.1 years ($SD = 0.55$). All students were novices in the subject topic. Before grade 9, namely, in grade 5, students learn about human senses (curriculum reference: nature and technique #5.2.2) only basically and an introduction to air and sonic (curriculum reference: nature and technique #5.1.2) is given.

To exclude possible learning effects due to repetitive answering of the knowledge questionnaire, a control group was analyzed. The control group did not participate in the inquiry unit, nor was its learning content similar to the inquiry unit, regarding the whole period of 14 weeks when the knowledge questionnaires were filled in. Furthermore, the control group did not fill in questionnaires concerning directly the inquiry lesson (IMI-E, IMI-V, and PCL; see below). The control group consisted of additional 62 students from 3 classes, with 50.8% females and a mean age 14.72 years ($SD = 0.52$). An earlier study of Schmid and Bogner [8] revealed that the control group did not learn significantly through completing questionnaires four times. Therefore, learning was due to participation in the inquiry intervention and not (additionally) due to repetitive questionnaire answering. It is provided here for the analysis of the correlation between school grades and knowledge scores. The control group is not established for comparisons of teaching styles, as this is not the focus of this research, but for controlling for learning bias.

2.2. Lesson. The structured inquiry intervention was implemented in three consecutive lesson hours in conventional classrooms. Initially, students were shortly briefed about the intervention: what the broad topic is and that they will work in small teams to discover the topic of sound and human hearing on their own. Questions should only be addressed to the teacher if they could not be solved within the team. Tables were clustered for group work and a workbook, providing background information, describing the hands-on material, and posing questions to be answered was distributed. It was explained that they will encounter experiments as they work through the workbook and that all materials necessary can be found in a big box placed in the middle of the class on an empty desk. During the inquiry lesson, students formed small stable teams of four. Each team member had a special

task, for instance, reading the text, fetching the experimental material, conducting the experiment, and writing down the conclusions of the group. Students were asked to rotate the tasks with each new section of the workbook, to ensure that each student would be engaged in the work of the group. Student teams could work self-guided. The teacher's role was a facilitating guiding one, just helping when teams had already discussed the problem but still needed help. Students needed to explain what they had tried unsuccessfully and to suggest ideas about a solution. The teacher never solved a problem directly, but helped them to focus so they could revise their mistake or false conclusions. An extraction of the learning material can be found in the appendix.

2.3. Scales and Questionnaires. A principal axis factoring (PAF) analysis assured constructing validity for both scales applied (IMI and PCL). A direct oblimin rotation was used to simplify interpretation of the factors. Factor loadings above 0.40 were considered as sufficient for including an item [25]. For the internal consistency of each subscale of the instruments (IMI-I, IMI-E, and PCL) Cronbach's alpha was calculated, and values above 0.7 were regarded as reasonable.

Students' intrinsic motivation was measured by applying two subscales of the "Intrinsic Motivation Inventory" (IMI [26]): Effort/Importance (IMI-E) (4 items; Cronbach's alpha = 0.8; e.g., "I put a lot of effort into this") and Value/Usefulness (6 items; Cronbach's alpha = 0.73; e.g., "I believe this activity could be of some value to me"). Furthermore, the "Perceived Competence for Learning Scale" (PCL [27]) was applied (4 items, no subscales, Cronbach's alpha = 0.79; e.g., "I feel confident in my ability to learn this material"). All three instruments were 5-point Likert response scaled, ranging from 1: "not at all true" to 5: "very true". Each of these scales refers to students' opinion during the class, that is, the effort invested in this explicit lesson and not, for example, their general effort for science classes.

Our knowledge questionnaire consisted of 17 multiple choice items with four answer options each, only one of which was correct. Therefore, the maximum knowledge score was 17. The item difficulty [28] ranged between 20% and 80%. In classical test theory, the mean-item-difficulty is the percentage of participants that answered the item correctly. The average of overall testing time points was 50.3% (T0 = 30.2%, T1 = 67.0%, T2 = 52.9%, and T3 = 51.1%). The multiple choice test had a mean reliability index of 0.67 (Cronbach's alpha; T0 = 0.63, T1 = 0.71, T2 = 0.65, and T3 = 0.68). All items of the knowledge questionnaire had a positive discrimination index. In order to avoid bias due to repeated application of an identical test [29], we never made students aware of the testing schedule and analyzed a control group repeatedly answering the questionnaire without participating in the inquiry lesson. Additionally, the order of the questions and the position of the right answer were rearranged randomly for each time point. All questionnaires were paper and pencil tests completed under controlled conditions. The items of knowledge questionnaire are listed in Schmid and Bogner [8].



FIGURE 1: Schedule. Back area: day of lesson. T0: two weeks prior; T1: directly after; T2: six weeks after; and T3: twelve weeks after the lesson.

2.4. Schedule. The schedules for application were about two weeks prior to the school lesson (T0) and directly after the school lesson (T1), as well as six (T2) and twelve weeks (T3) after it (Figure 1). The two subscales of the IMI and the PCL scale were completed once (T1). The test duration was approximately 15 minutes for the three scales together. These scales were embedded into a larger questionnaire which was completed within approximately 40 minutes. Within one year data acquisition was completed.

2.5. Self-Reported Grades. In T0, all students reported their individual grades in the subjects Biology and Physics. Note that the German grading system ranges from 6 (unsatisfactory) to 1 (excellent).

2.6. Statistics. Statistical analysis was carried out using SPSS 20. An alpha value of 0.05 was used as the significance threshold, unless multiple tests were applied. In the case of multiple testing, the alpha-term was corrected following Bonferroni (alpha/number of tests applied). Missing data were excluded list-wise.

3. Results

3.1. Analysis of Effort, Usefulness, and Perceived Competence. Gender differences in all three scales (effort, usefulness, and perceived competence) were not observed: sex differences were analyzed using a MANOVA (Pillai's trace = 0.041, $F(3, 122) = 1.74$, $P = \text{n.s.}$, partial eta-squared = 0.041, $n = 126$).

3.2. Correlations of the Scales IMI-E, IMI-V, and PCL. The two subscales of the IMI correlate significantly with each other ($P < 0.001$, $r = 0.559$, $n = 126$) and both also correlated with the PCL scale (IMI-E: $P < 0.001$, $r = 0.486$, $n = 126$; IMI-V: $P < 0.001$, $r = 0.538$, $n = 126$); see Table 1. All correlations are positive; that is, when invested effort during the lesson is high, the lesson is also regarded as useful. Students who perceived a high competence for learning the content of the lesson also held high scores of effort and usefulness.

3.3. Knowledge Score, Estimated Effort (IMI-E), Usefulness (IMI-V), and Perceived Competence (PCL). The effort a student invests during the lesson (T1) does not correlate significantly with the knowledge score he or she gains directly after lesson participation (T1) ($P = \text{n.s.}$, $r = 0.101$). The same is true for students' estimation of the usefulness of our module ($P = \text{n.s.}$, $r = 0.027$) and students' perceived competence ($P = \text{n.s.}$, $r = 0.176$). This is probably because, directly after a lesson, most students are able to gain a high

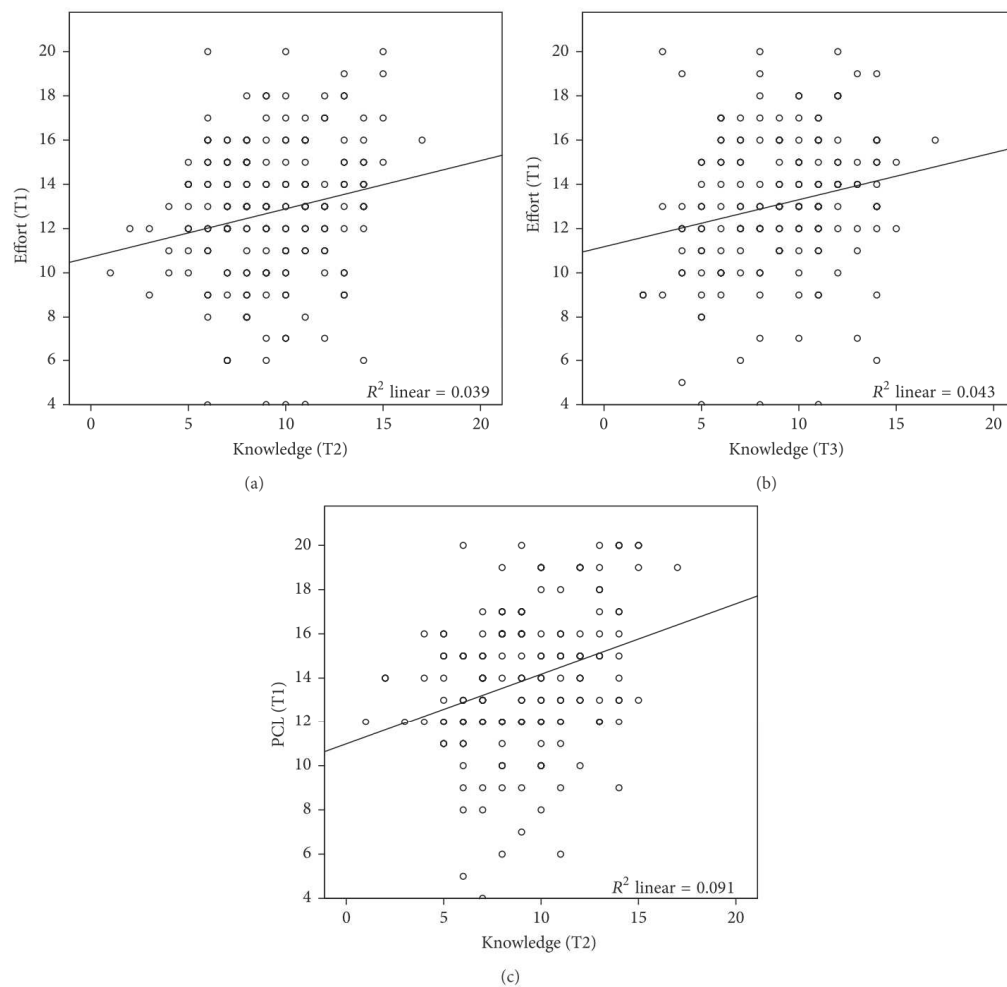


FIGURE 2: Top: (a) effort during the lesson against the knowledge score after six weeks (T2) and (b) twelve weeks (T3). Bottom: (c) perceived competence for learning during the lesson (PCL) against the knowledge score after six weeks.

knowledge score as the time between the learned material and the knowledge questionnaire is minimal.

A more refined picture is given six weeks after participation (T2). Here, the effort a student took during the lesson correlates highly with his/her knowledge score after six weeks ($P = 0.004$, $r = 0.253$). Thus, students with a high effort score during our module also achieved high knowledge scores in the knowledge test six weeks later, and students with a low effort-value gained a low knowledge score after six weeks. The same is true for students' perceived competence for learning ($P = 0.004$, $r = 0.256$). Is the perceived competence for learning during a lesson high, a high knowledge score is gained after six weeks (and vice versa). However, students' estimation of the usefulness of the lesson does not correlate

significantly with the knowledge score even after six weeks ($P = \text{n.s.}$, $r = 0.121$).

After twelve weeks (T3) the effort-value during the lesson continues to correlate highly significantly with the knowledge score ($P = 0.004$, $r = 0.253$). The correlation between perceived competence of learning that students reported during our module and their knowledge score after 12 weeks fails to be significant 12 weeks after the lesson ($P = \text{n.s.}$, $r = 0.233$). The students' estimated usefulness of the lesson again does not correlate with knowledge gain after twelve weeks ($P = \text{n.s.}$, $r = 0.206$). All correlations are displayed in Table 2, significant correlations are displayed in Figure 2.

3.4. Sex Differences in Grades of Biology and Physics. Sex differences in grades of Biology and Physics were analyzed

using MANOVA. There was a significant main effect of students' gender on their grades $F(2, 223) = 7.25, P = 0.001$, partial eta-squared = 0.105. The effect of gender on the subject grades was revealed for both Biology ($F(1, 224) = 8.83, P = 0.004$, partial eta-squared = 0.066, $r = 0.26$) and Physics ($F(1, 224) = 11.57, P = 0.001$, partial eta-squared = 0.085, $r = 0.10$). For the grade in Biology, girls (mean = 2.81, SD = 0.955, $n = 62$) received worse scores than boys (mean = 2.36, SD = 0.721, $n = 64$), (note that a high grade number indicates a worse grade: the lower the grade number, the better the grade score). The same is true for the grade in Physics (mean boys = 2.39, SD = 0.847, $n = 64$; mean girls = 2.90, SD = 0.9844, $n = 62$). Although boys had better grades in both subjects the small effect sizes and the close means limit the relevance of this finding: the differences between the grades reported by the students may be significantly different from a statistical viewpoint, but the actual "size" is of low importance. Effect sizes can lie between 0 (no effect) and 1 (perfect effect), with effects of $r = 0.1$ being a small effect, $r = 0.3$ being a medium effect, and $r = 0.5$ being a large effect ([30], page 32). Therefore, grade was not further split up when calculating correlations with achievement.

4. School Grades and Knowledge Scores

Preknowledge (T0) does not correlate significantly with the biology grade (Bio: $P = \text{n.s.}$, $r = -0.221, n = 126$; Phys.: $P = 0.008, r = -0.237, n = 126$). This means that students with a high reported grade did not know more about the taught issue than their classmates with a rather low grade in the pretest (T0). However, the long-term knowledge score, after twelve weeks, does correlate with the grades (Bio: $P = 0.008, r = -0.237, n = 126$; Phys.: $P < 0.001, r = -0.360, n = 126$). Therefore, students with good subject grades outperformed those with less good grades in the knowledge questionnaire after twelve weeks. In other words, the subject grades reflect very well the ability to learn and to understand information in the long term. The correlations are displayed in Table 3.

The control group did not show any significant correlation between grades and knowledge scores (T0 and T3; see Table 4). Consequently, the positive correlation of grade and long-term acquisition of knowledge within the experimental group was accomplished due to the inquiry lesson and not due to repetitive answering of the same knowledge questionnaire.

5. Discussion

5.1. Students' Characteristics Seem to Play Only a Role for Longer-Term Retention. First and foremost, it seems that for the short-term retention (T1) the variables selected in this study may play a minor role since their effect may be overshadowed by the fact that, directly after completion of the lesson, most students were able to gain high knowledge scores, regardless of their effort, value, and perceived competence during the lesson. Thus, teaching for short-termed goals could successfully be applied without considering effort, value, and perceived competence as a major factor for

learning. However, the short-term of our investigation refers to the time span between the beginning of the lesson and its end. For the last information worked on, the timespan to handing out the questionnaires could be as few as 5 minutes. Applying a test in school, therefore, should not be used immediately after a lesson, when even low effort produces correct answers. The test results could not be used to differentiate between students that understood the lesson content and those who remembered the facts by heart, as short-term memory apparently seemed sufficient for passing tests then.

Of the three student characteristics monitored during our lesson, effort was the only one that had a positive impact on retention of content knowledge after six and after twelve weeks. This implies that students that made an effort to be good while working in the inquiry lesson were also those that gained the highest knowledge scores up to twelve weeks later. Therefore, students who gave their best during the lesson were the ones that gained the most from the inquiry lesson. What we can conclude from our results is that the amount of effort a student invests during a (inquiry) lesson may predict long-term achievement for up to at least 12 weeks, a relatively long period of time. Graham and Golan [31] showed that students who focus on self-improvement, rather than on comparison with others, exhibit better recall of the learning material. This might also apply to students who attended our inquiry lesson, as they worked in small groups, hindering within-group competition. Furthermore, competition between groups was not encouraged as groups worked independently. Blumenfeld et al. [32] claim that it is not enough to provide students with good learning environments, but that willingness to invest effort to acquire information, generate and test solutions, and evaluate findings is also necessary. With the inquiry unit tested here, students were supported in hands-on learning and encouraged to test their suggestions and ideas for problem-solving. The correlation of effort with the retention of knowledge indicates that students indeed took advantage of the provided structured inquiry learning environment.

It would be interesting to have interviewed our students who stated that they gave little effort in our lesson, and those who reported high effort. In particular the individual learning styles or their approach to a lesson's content could provide important information. Another interesting conclusion is that it seems that there were not many students reaching high knowledge scores without giving much effort; otherwise, a positive correlation of effort and knowledge score would not exist. This would mean that the group contained few students with an already high ability while most students needed to invest high effort to deal with the learning material. Our inquiry unit therefore clearly seems to reach students with willingness for long-term learning; students with less effort tend to reach lower knowledge scores in the long-term. Obviously, students with low effort scores, even within the best learning circumstances, will unlikely achieve meaningful learning levels. Therefore a general positive attitude towards learning with inquiry would be beneficial for the learning process. Students in our study were novices in using inquiry learning. Experts in inquiry-based approaches may have acted differently. Gibson and Chase [18] reported students

having higher attitude and interest scores after participation in an inquiry activity and recommended inquiry-based science teaching to produce higher interest and motivation.

If teachers knew about the individual effort levels of students, they could find reasons why effort during a (specific) lesson is not invested. If the short questionnaire about effort would be used more frequently in a class, the teacher might discover patterns for example of topics, teaching styles or for example, class-levels why students are (not) willing to invest their effort. If patterns were known in relation to what provokes a majority of students to invest only rather low effort, for example, lessons, topics, teachers, teaching styles, these lessons, and so forth, could be improved accordingly, leading to more involvement in the classroom and thus helping to better retain information in the long term. Building up long-term knowledge is the essential base for connecting new information with that already learned. Only when information can reliably be recalled, students can use it in further lessons and class-levels and connect it to new information. Short-term knowledge, soon forgotten after being learned, is not of much use for preparing students to attend school successfully or for preparing them to be mature citizens. As our structured inquiry intervention led to a link between effort and long-term retention, structured inquiry lessons seem to be a good base for promoting effort and long-term achievement, as well as a good starting point for analyzing which factors of an inquiry instruction evoke higher effort investment in students. For this, careful comparison studies about the many aspects of inquiry-based teaching, one by one, would be beneficial, yet challenging.

The experienced usefulness of a lesson seems not to affect students' knowledge and learning at all, as no significant correlations over the three measuring time points were shown. Therefore, the learning success seems to be independent of a student's evaluation of our lesson. This is in line with Shepardson and Pizzini [33] where students found activities or tasks uninteresting, but engagement was sufficient to promote achievement. They concluded that positive perception towards science activities is not a sufficient indicator of achievement. However, both genders in that study preferred an inquiry-oriented instruction. This result might cheer up teachers who need to teach topics that are less appreciated by the students. Although students might have more and less favored topics and teaching styles, it apparently may neither support nor hinder achievement. However, we monitored only one inquiry module and therefore can say little about whether these implications will hold for other teaching situations. However, others have found that task values predict future course taking better than achievement [6, 34].

The perceived competence for learning produced a significant correlation only with the knowledge score obtained six weeks after the lesson ended, but not after 12 weeks. This could imply that the competence students perceived during the lesson was helpful for remembering information at least six weeks later, while twelve weeks later this was no longer the case. Its relation to achievement, therefore, needs to be taken into account. Let us consider the effect of episodic memory: after six weeks students may still remember relatively vividly

the circumstances in which they learned the content, while after twelve they might have already filtered the "important" information, the facts and principles taught, and transferred it to their long-term memory. Therefore, perceived competence could have played a role for achievement after six weeks, as students used it as part of their episodic memory to "find" the right answers while "viewing" their memory of the lesson in detail, but not after 12 weeks. The latter time span may be already too long, so students may not "remember" the lesson itself as how (episodic memory) they gained this knowledge, but rather only remembered the information learned, and thus their competence during the lesson was not meaningful at a distant point of retrieving the knowledge information. Further analysis of the PCL, especially concerning effects on retention, should be considered in future research to gain a more concrete picture. As already mentioned, individual interviews could provide answers, maybe as Geier and colleagues [35] did, to obtain more information about the role of episodic memory in the relationship of perceived competence and achievement. Bong and Skaalvik [36] found perceived competence to be a core element of self-concept and self-efficacy beliefs. Similarly, students confident in their abilities have been found to invest more time and energy in learning than students with low self-confidence in their abilities [6]. Others have found that perceived competence is a strong predictor of future science achievement [34, 37]. Due to these still contradictive findings, the effect of perceived competence on achievement needs attention in further research.

Another explanation may come from the study of Patrick et al. [38] where perceived science competence was shown to rise when the exposure to an inquiry teaching module was lengthened (10 instead of 5 weeks). The fact that our inquiry instruction only lasted for 3 consecutive hours might explain why the correlation between perceived competence and achievement was not significant long-term. Students in our study could perhaps have generated a higher level of perceived competence for learning, if they had have the opportunity to participate in inquiry learning for several days or weeks. However, whether a longer period of time with inquiry learning and an increased PCL would correlate significantly with achievement needs to be tested yet. Conclusions must be restricted to our observation that the reported PCL gained through a 3-hour intervention of inquiry mainly does only partially correlate with students' achievement. This adds to the results of other studies [22, 39] where perceived science competence was a significant predictor of achievement.

Regarding students' subject grades and the correlation to knowledge scores, good grades did not produce higher preknowledge. However, students with good grades outperformed students with low grades in their long-term knowledge scores. In other words, the reported grades of the students fit very well their ability to learn and understand information through the lesson in the long term. Taken together, this implies that students with good subject grades do not have an advantage when starting a new topic because they may already have more knowledge, but rather it is their ability to learn effectively while attending a lesson and in a way that they can retrieve what they have learned after a longer time, even after 12 weeks. This is in line with Lau

and Roeser [22] who showed cognitive abilities to be closely associated with students' grades and test scores. Therefore, the use of certain learning strategies might provide a strong predictor for future success and meaningful learning.

6. Conclusion

On the basis of this present study, we can give some insights into what lets a student learn effectively in the long term: structured inquiry-based teaching, high effort, and a good grade in the related subject seem to substantially support long-term retention. From the student characteristics examined in this study, effort during the lesson was shown to be a good predictor of how well a student will do in the next exam in terms of recall ability of the learned material. The more the effort a student gave during the lesson was, the higher his or her knowledge-score was concerning long-term retention of up to twelve weeks. The structured inquiry lesson put the students in the role of actors instead of listeners. It was up to them to get informed about the topic of acoustics and hearing in humans with the information material and the experimental equipment provided. Therefore small groups of students needed to work together. This included reading or listening to the information texts, becoming aware of a phenomenon or problem, catching the right experimental setups and putting them together as mentioned in the text to investigate the phenomenon, to understand what the experiment is about, and to observe results and discuss them within the group to write down a common answer. Supporting student autonomy has been argued to support their natural curiosity for learning (intrinsic motivation) [40]. To support self-determination, Deci and colleagues suggested that choices should be offered, controls minimized, and feelings acknowledged and that information that is needed for decision making and for performing the target task be made available to the student, circumstances often supported by inquiry-based learning instructions. They conclude that providing these circumstances would support educational contexts which facilitate conceptual understanding and flexible problem solving.

As we can see from our present study, structured inquiry learning can not only lead to sustainable knowledge [8], but also reveal long-term acquisition of knowledge as positively linked to students' effort during the inquiry lesson.

We would like to remind readers of Welch's et al. [41] conclusion that a single factor cannot account for all variation in learning, but that there are several factors which seem to influence science achievement. However, effort during class seems to be one factor linked to achievement and retention and, therefore, should be specifically considered when analyzing what it is that makes some students obtain better achievement scores and be able to recall information longer than others.

6.1. Limitations. The results of this study are limited in the way that they reflect a sample of only 126 students of ten classes of one grade level and a single participation in a three-hour long lesson that we to our best understanding regard as structured inquiry-based science teaching. Generalization,

for example, to other grade levels, other topics, or to student classes that are already used to inquiry-based lessons should not be drawn without precaution. Students used to inquiry-based lessons may behave differently than those relatively new to this form of teaching. Whether they would as well invest high effort and therefore gain high content knowledge scores cannot be drawn from our data. It might apply that students new to structured inquiry teaching would invest more effort because the novelty of the learning situation might add to their motivation to explore and learn with it. Students familiar with structured inquiry learning might at some point in time demand for new challenges and therefore invest less effort if bored by scenarios often applied to them. As inquiry-based teaching can be adapted to students' needs, a solution for boredom of the structured way of learning by inquiry could be to allow for more student autonomy, taking the next step to guided inquiry-based learning. Further studies concerning effort investment in different dimensions of inquiry-based learning scenarios are needed before general assumptions can be drawn between the effects of inquiry-based teaching on effort investment and its connection to long-term retention of content knowledge.

To only focus on the gain of content knowledge may be regarded as another limitation of this study. As stated in the introduction, inquiry-based teaching holds the potential to not only increase students' knowledge, but moreover support soft skills. These soft skills may be learning how to work in a team, how to discuss, how to handle material, and how to organize procedures and to trust in one's own abilities, to reason logically, and to learn how to explain one's opinion to others or learning to take responsibility for one's learning. Although these soft skills are important goals in class, measuring them is not without problems. We decided for content knowledge, as this is what regular school assessment is mainly made of. However we agree that quantitative analysis can only profit from additional qualitative assessment. Unfortunately it was beyond our feasibilities to record qualitative data of soft skills additionally.

6.2. Outlook for Incorporation of Inquiry-Based Teaching into Today's Schools. To implement structured inquiry-based science lessons in school reality it is important that teachers develop their teaching material accordingly. The creation of inquiry-based learning material may take more time in the beginning, but teaching material at hand can as well be adapted to shorten the design phase. If this extra time in preparation later on saves time during the lesson, as less repetition of content is needed due to better retention, it might even out in the end. Importantly, teachers starting with inquiry teaching should decide for learning goals the class should reach through participation. Inquiry-based science teaching can be adapted to many goals and it spreads from a flowing continuum from very structured to very open. Inquiry-based learning mostly includes the possibility for exploring hands-on experiments to learn about a topic, but the doing of the experiment is not the crucial part; it is the reasoning. As the conduction of experiments in schools can be seen to consist of several "steps," the teacher can make the

students focus on one or more steps, depending, for example, on their previous experience. Steps of an experiment may roughly be described as (1) realizing there is an interesting phenomenon to be analyzed, (2) deciding upon a hypothesis to be analyzed, (3) designing an experiment that answers the predefined question, (4) writing down the observations, (5) summarizing the results meaningfully (e.g., bringing them in order, creating a table or graph), (6) interpreting the results in the context of background knowledge to clarify the predefined hypothesis (e.g., reading literature), (7) discussing interpretations with peers and, for example, finding a common agreement, and (8) preparing a presentation of the findings. To try to cover all steps within a single lesson is not recommended; instead focusing on certain aspects is the key to introduce inquiry to a class. It helps the teacher to estimate the amount of time needed during the lesson and also makes planning the material more easy as there will be only certain aspects the students will work on fully autonomously. If inquiry learning is taking place more regularly students will probably become confident in their new role as active learners, accepting their responsibility for learning. Second, learning materials need to be designed in a way that they provide structure but yet enable the students to be independent from constant announcements by the teacher on what to do next and enables them to concentrate on the learning material and not the teacher. To judge where to set focusses and what is too less or too much guidance for their classes, teachers need the opportunity to learn this. Regular participation in high quality professional developments needs to be made available if successful implementation of inquiry-based teaching will take place more frequently in classrooms of today and tomorrow.

Appendix

A. Extraction of the Workbook. Topic 1: "What Is Sound?," Part Four: "Sound Measurement"

Note that italic written texts under the questions refer to solutions. They were not displayed in the student version distributed to the participating students.

A.1. Sound Measurement. Play the CD with your computer and watch the video about Visual Analyser, called "VA Video". Visual Analyser is a software program to analyse sounds waves. Do not forget to switch the microphone in the programme in the upper left corner to "ON."

In the upper measurement window of Visual Analyser you see how the *air pressure* varies with the time on the *x*-axis.

On the vertical *y*-axis you can see the air pressure difference with respect to the normal background air pressure. The maximal pressure difference is the amplitude (*A*).

On the *x*-axis you see the time.

The presentation of a sound wave in a picture is called graph. It is drawn in a coordination system with *x*- and *y*-axes. The wave resembles the vibrations of each air particle

within a sound wave. (The screenshot from the software has been deleted to prevent copyright conflicts.)

A full vibration is done, when the wave has completed a full cycle. The air particle then has returned to its starting position. A wave in the graph consists of a full hill and a full valley. On which part of the wave the cycle starts does not matter, for example, from one hilltop to the next.

A.1.1. Experiment 3: The Difference between Noise and Tone. You now know enough to start exploring the interesting world of sounds. Paste the screenshot you are asked for in your "screenshot-file" you find on your CD and save it on the desktop. Label it with the date and your group's number, for example, "01.10.2012 – group 2".

A screenshot is made by pressing the "print" button of your keyboard, and right click "paste" afterwards in your screenshot file.

Attention!

- (i) Wait one second after making a tone, before you do a screenshot for a better graph.
- (ii) Play the metallophone bars softly! Do not strike them with much power!
- (iii) If the graph is too small, set the "zoom" from 1 to 5 on the right site of the program.
- (iv) Take care of the other groups and only use the instruments for the experiments.

Question: Sonic Can Be Distinguished in Sound and in Noise, But How?

- (1) (a) Wrinkle a paper; (b) play a tone on an instrument. Make screenshots for each sound you make. Label each screenshot with the sound you made.
- (2) Compare the graphs of the sounds. Which are sounds and which are noises?
Answer: Wrinkling paper is noise.

- (3) Describe the differences between graphs of sounds and noises.

Answer: For noise there is no pattern repeating in the graph of the function you can see in Visual Analyser.

We can describe the frequency of a sound. That is what you will find out in the next experiment. For noises on the other hand we cannot calculate a frequency, because they are a more complicated form of sound.

You can link tones to a certain frequency. That is what you can find out in the next experiment. Noises on the other hand are a more complicated kind of sound wave. We cannot link a certain frequency to a noise.

A.1.2. Experiment 4: Frequency. Scientists call the pattern of a sound wave frequency. Each tone has a certain frequency.

The frequency is the number of vibrations per second, and its unit is Hertz (Hz):

$$\frac{\text{number of vibrations}}{\text{second}} = \text{frequency.} \quad (\text{A.1})$$

You can say that a tone has the frequency of 1 Hertz, meaning it vibrates 1 time per second.

Question: What Does the Frequency Tell You About the Pitch of a Sound?

Paste the graph of a high and low tone of the metallophone in your screenshot file. Always label which graph is which tone.

- (1) Describe the graph of a high tone. Its graph shows a high frequency.
Answer: The pattern is being repeated often within a certain amount of time.
- (2) Describe the graph of a low tone. Its graph shows a lower frequency.
Answer: The pattern is being repeated less often within a certain amount of time.
- (3) Describe what the frequency informs you about in the context of the pitch of the tone and the number of vibrations in the graph of the sound wave.
Answer: The more the repetitions, the higher the pitch of the tone and the higher the frequency.
- (4) What is described when you use the term frequency?
Answer: The number of vibrations per second the air particles undergo is what we call frequency.
- (5) Which unit does the frequency have?
Answer: Hertz (Hz).
- (6) How often does an air particle vibrate when its frequency is 3 Hertz?
Answer: 3 times in a second.

A.1.3. Experiment 6: Amplitude

Question: What Happens with the Graph When You Play a Tone with Different Loudness?

Paste a screenshot of a loud and less loud played tone on the metallophone to your screenshot file. Make sure to indicate which tone is the softer and which is the louder note in your document. Use the same tone twice.

- (1) What is the difference between the graph of the louder and the softer identical tone?
Answer: The graph of the sound wave of the more loud sound shows more deviation in the vertical direction (is higher) than the wave of the more softly played sound.
- (2) What does the amplitude inform you about?
Answer: How loud a sound is.
- (3) Does the frequency change when the amplitude changes and the other way around?
Answer: No, frequency and amplitude are not dependent.

Disclaimer

Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the European Commission.

Conflict of Interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Acknowledgments

The authors especially thank the teachers and students contributing to their study. The study was funded by the European Commission (PATHWAY, FP7-Science-in-Society-2010-1, THEME SiS-2010-2-2.1-1; 266624).

References

- [1] H. W. Marsh and R. G. Craven, "Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives," *Perspectives on Psychological Science*, vol. 1, no. 2, pp. 133–163, 2006.
- [2] B. A. Greene, T. K. DeBacker, B. Ravindran, and A. J. Krows, "Goals, values, and beliefs as predictors of achievement and effort in high school mathematics classes," *Sex Roles*, vol. 40, no. 5–6, pp. 421–458, 1999.
- [3] R. Garner, "When children and adults do not use learning strategies: toward a theory of settings," *Review of Educational Research*, vol. 60, no. 4, pp. 517–529, 1990.
- [4] C. Ames and J. Archer, "Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivation processes," *Journal of Educational Psychology*, vol. 80, no. 3, pp. 260–267, 1988.
- [5] R. E. Yager, "The constructivist learning model: towards real reform in science education," *The Science Teacher*, vol. 58, no. 6, pp. 52–57, 1991.
- [6] J. S. Eccles, A. Wigfield, and U. Schiefele, "Motivation to succeed," in *Handbook of Child Psychology*, N. Eisenberg and W. Damon, Eds., John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 5th edition, 1998.
- [7] J. D. Nichols, "Empowerment and relationships: a classroom model to enhance student motivation," *Learning Environments Research*, vol. 9, no. 2, pp. 149–161, 2006.
- [8] S. Schmid and F. X. Bogner, "Does inquiry-learning support long-term memory?" in *Proceedings of the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB '14)*, Haifa, Israel, 2014.
- [9] M. C. Linn, E. A. Davis, and P. Bell, Eds., *Internet Environments for Science Education*, Routledge, London, UK, Lawrence Erlbaum Associates, 2004.
- [10] M. R. Blanchard, S. A. Southerland, J. W. Osborne, V. D. Sampson, L. A. Annetta, and E. M. Granger, "Is inquiry possible in light of accountability?: a quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction," *Science Education*, vol. 94, no. 4, pp. 577–616, 2010.
- [11] P. A. Kirschner, J. Sweller, and R. E. Clark, "Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching," *Educational Psychologist*, vol. 41, no. 2, pp. 75–86, 2006.
- [12] C. E. Hmelo-Silver, R. G. Duncan, and C. A. Chinn, "Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006)," *Educational Psychologist*, vol. 42, no. 2, pp. 99–107, 2007.

- [13] R. E. Mayer, "Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?" *American Psychologist*, vol. 59, no. 1, pp. 14–19, 2004.
- [14] J. R. Staver and M. Bay, "Analysis of the project synthesis goal cluster orientation and inquiry emphasis of elementary science textbooks," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, no. 7, pp. 629–643, 1987.
- [15] American Association for the Advancement of Science, *Benchmarks for Science Literacy*, Oxford University Press, 1993.
- [16] S. M. Glynn, P. Brickman, N. Armstrong, and G. Taasobshirazi, "Science motivation questionnaire II: validation with science majors and nonscience majors," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 48, no. 10, pp. 1159–1176, 2011.
- [17] Oxford University Press, Effort, 2015, <http://www.oxforddictionaries.com/>.
- [18] H. L. Gibson and C. Chase, "Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science," *Science Education*, vol. 86, no. 5, pp. 693–705, 2002.
- [19] H.-L. Tuan, C.-C. Chin, C.-C. Tsai, and S.-F. Cheng, "Investigating the effectiveness of inquiry instruction on the motivation of different learning styles students," *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 3, no. 4, pp. 541–566, 2005.
- [20] H. Ertepmar and O. Geban, "Effect of instruction supplied with the investigative-oriented laboratory approach on achievement in a science course," *Educational Research*, vol. 38, no. 3, pp. 333–341, 1996.
- [21] M. Nieswandt, "Student affect and conceptual understanding in learning chemistry," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 44, no. 7, pp. 908–937, 2007.
- [22] S. Lau and R. W. Roeser, "Cognitive abilities and motivational processes in high school students' situational engagement and achievement in science," *Educational Assessment*, vol. 8, no. 2, pp. 139–162, 2002.
- [23] S. W. Tyler, P. T. Hertel, M. C. McCallum, and H. C. Ellis, "Cognitive effort and memory," *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, vol. 5, no. 6, pp. 607–617, 1979.
- [24] D. M. Mertens, *Research Methods in Education and Psychology. Integrating Diversity with Quantitative and Qualitative Approaches*, Sage, Thousand Oaks, Calif, USA, 2010.
- [25] J. P. Stevens, *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, USA, 1986.
- [26] E. L. Deci and R. M. Ryan, "The general causality orientations scale: self-determination in personality," *Journal of Research in Personality*, vol. 19, no. 2, pp. 109–134, 1985.
- [27] G. C. Williams and E. L. Deci, "Internalization of biopsychosocial values by medical students: a test of self-determination theory," *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 70, no. 4, pp. 767–779, 1996.
- [28] P. Zöfel, *Statistik verstehen: ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*, Pearson Deutschland GmbH, Munich, Germany, 2002.
- [29] J. P. Keeves, "Methods and processes in research in science," in *International Handbook of Science Education, Part Two*, B. J. Fraser and K. G. Tobin, Eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1998.
- [30] A. Field, *Discovering Statistics Using SPSS Statistics*, Sage, London, UK, 2005.
- [31] S. Graham and S. Golan, "Motivational influences on cognition: task involvement, ego involvement, and depth of information processing," *Journal of Educational Psychology*, vol. 83, no. 2, pp. 187–194, 1991.
- [32] P. C. Blumenfeld, E. Soloway, R. W. Marx, J. S. Krajcik, M. Guzdial, and A. Palincsar, "Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning," *Educational Psychologist*, vol. 26, no. 3–4, pp. 369–398, 1991.
- [33] D. P. Shepardson and E. L. Pizzini, "Gender, achievement, and perception toward science activities," *School Science and Mathematics*, vol. 94, no. 4, pp. 188–193, 1914.
- [34] A. Wigfield, J. S. Eccles, and U. Schiefele, *Development of Achievement Motivation*, Academic Press, San Diego, Calif, USA, 2002.
- [35] R. Geier, P. C. Blumenfeld, R. W. Marx et al., "Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 45, no. 8, pp. 922–939, 2008.
- [36] M. Bong and E. M. Skaalvik, "Academic self-concept and self-efficacy: how different are they really?" *Educational Psychology Review*, vol. 15, no. 1, pp. 1–40, 2003.
- [37] R. D. Simpson and J. S. Oliver, "A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students," *Science Education*, vol. 74, no. 1, pp. 1–18, 1990.
- [38] H. Patrick, P. Mantzicopoulos, and A. Samarapungavan, "Motivation for learning science in kindergarten: is there a gender gap and does integrated inquiry and literacy instruction make a difference," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 46, no. 2, pp. 166–191, 2009.
- [39] R. A. Beghetto, "Factors associated with middle and secondary students' perceived science competence," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 44, no. 6, pp. 800–814, 2007.
- [40] E. L. Deci, R. J. Vallerand, L. G. Pelletier, and R. M. Ryan, "Motivation and education: the self-determination perspective," *Educational Psychologist*, vol. 26, no. 3–4, pp. 325–346, 1991.
- [41] W. W. Welch, H. J. Walberg, and B. J. Fraser, "Predicting elementary science learning using national assessment data," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 23, no. 8, pp. 699–706, 1986.

E.5 Teilstudie C

Autoren: Schmid, S. & Bogner F.X. (2014)

Titel: „How constant is science motivation in secondary school classes? A revision of three subscales of the Science Motivation Questionnaire II“

Journal: Journal of Research in Science Teaching (JRST)

Status: Submitted

How constant is science motivation in secondary school classes? A revision of three subscales of the Science Motivation Questionnaire II

Sarah Schmid and Franz X. Bogner

*Z-MNU (Centre of Math & Science Education), Institute of Biology Didactics,
University of Bayreuth, University Campus, NWI, D-95447 Bayreuth, Germany*

Abstract

With a sample of 209 secondary school students, we modified three subscales of the “Science Motivation Questionnaire II” (SMQ; motivational components: career motivation, self-efficacy and self-determination) to 4 items each. We used this shortened scale to monitor the impact of a 3-hour structured inquiry lesson. For this purpose, four testing points (before, immediately after, 6 and 12 weeks after) were applied. The modified SMQ was factor analyzed at each testing cycle and the structure confirmed. The subscales reacted differently as just self-determination was shown to be influenced through the inquiry-course while self-efficacy and career motivation remained constant. Only self-efficacy and career motivation showed an interrelation, as well as only they correlated with science subject grades and subsequent achievement. Implications for using the modified SMQ-subscales for research and teaching in secondary school are discussed.

Keywords: Revision of Science Motivation Questionnaire II, motivation, secondary school students, science education, inquiry-based teaching, student-centered learning, constructivism, self-efficacy, self-determination, career motivation

Introduction

Motivation

Young people increasingly show a lower tendency to study science subjects which may root in increased failures of science education (Osborne & Dillon, 2008). Lack of motivation, an internal state that arouses, directs, and sustains science-learning behavior, is regarded as a major reason (Glynn, Brickman, Armstrong & Taasoobshirazi, 2011). Motivation is regarded to produce eagerness to work and learn new information and skills (Glynn, Taasoobshirazi & Brickman, 2009). This is why environments should be rich in interesting activities, to foster children’s curiosity and offer manageable challenges (Meece, 1997). Social cognitive theory in general claims that achievement heavily

depends on interactions with students' behavior, characteristics (like self-efficacy and self-determination) and conditions of the learning environment as well (Bandura, 2001). Perceived self-efficacy is one major motivational component referring to the believed self-confidence of students in accomplishing a task (Bandura, 1986). It has been found to predict achievement and career decisions (Britner & Pajares, 2006; Pajares & Schunk, 2001). Another motivational component is self-determination, referring to perceived control a student thinks he/she has over his/her learning (Black & Deci, 2000). For example, it indicates effort to learn science, like doing homework, learning extra-hours or participating in class. Science career motivation refers to students plans to decide for a career that involves science. It holds the potential to explain whether students see science as part of their future, regarding their career perspective and not only concerning their (proximate) grades. These components constitute to a model of motivation derived from social cognitive theory (Glynn et al., 2011).

Compared to students with doubts about their learning capabilities, students who feel efficacious for learning or performing a task participate more readily, work harder, persist longer when they encounter difficulties, and achieve at a higher level (Britner, 2008; Schunk & Meece, 2005). Additionally, students with high learning motivation are more likely to achieve academically by engaging in crucial behaviors like studying, question asking, seeking advice or participating in class (Pajares, 2002; Pajares & Schunk, 2001). Motivation is a crucial tool to foster academic achievement (Britner, 2008; Bryan, Glynn & Kittleson, 2011; Britner & Pajares, 2001, 2006; Pajares, 1996; Cavallo, Potter & Rozman, 2004; Glynn, Taasoobshirazi & Brickman, 2007). Therefore, an increase in motivation is a major goal for science teaching. If teachers would know which students lack motivation to learn science, and why, lessons could be adapted to foster motivation. To assess motivation for science a reliable questionnaire is needed.

Inquiry-based science teaching

As Brickman, Gormally, Armstrong, & Hallar (2009) pointed out, comparing studies of inquiry-based science teaching is somewhat difficult, due to differences or the lacks of a proper definition for inquiry or its level applied; but see Prince and Felder (2007) for an overview of inquiry-like inductive teaching methods. We use Linn, Davis, and Bell's (2004, p. xvi) definition of inquiry-based learning: "the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching for information, constructing models, debating with peers and

forming arguments”. Inquiry teaching is a constructivist form of teaching that uses student-centered activities. Therein students take an active part of reasoning rather than being allowed to passively being delivered information from a lecture. We use “structured inquiry” or “level 1” inquiry; see Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, Annetta, and Granger, 2010 for an overview of the inquiry levels. Cognitive engagement is argued as a prerequisite for meaningful learning (Jonassen, 2000) and we would like to stress that the active part in inquiry learning is not merely doing experiments, but understanding them by active cognitive involvement of the students. The teacher is not the center of the attention during class. He holds the role of a guide. He walks around and from time to time, questions student teams what they are doing, why they are doing it, or why they concluded to write down this and that answer. He lets them explain their observations and their reasoning without involving other groups. By this, students are mainly operating on their own; they follow the working booklet provided by the teacher, but the teacher keeps an eye on their progress. If students explain wrong information to the teacher, the teacher ask further questions to indicate there is a mistake in their conclusions, helping the group to recognize their mistake and find the right connections to make.

In the socio-constructivistic view of learning, students do not passively absorb information, but rather actively modify their existing knowledge, beliefs, interests and goals in accordance to new information (Palmer, 2005). The reconstruction and expansion of knowledge requires effort on the part of the learner. Palmer (2005) concludes that therefore motivation is required for learning, as students will not invest effort unless they are motivated to do so. To increase students’ motivation classroom strategies can be used (Palmer, 2005). Inquiry-based learning is proposed and is found to increase students’ motivation (Eurydice, 2011; Gibson & Chase, 2002; Tuan, Chin, Tsai & Cheng, 2005; Wimpey, Wade & Benson, 2011). The success of our inquiry course, in terms of increased and sustainable content knowledge, was monitored earlier (Schmid & Bogner, 2014). Students increased their knowledge and were able to recall this knowledge for at least 12 weeks. As the learning benefit, in terms of test-score increase, was already accomplished (Schmid & Bogner, 2014), our current study focuses on a potential increase in motivation due to program participation.

Research question:

1. Are the shortened SMQ subscales valid instruments to measure self-efficacy, self-determination and career motivation, and do these variables reflect distinct and specific factors?
2. Is the structure of the SMQ subscales consistent over time?
3. Can students' career motivation, self-efficacy and self-determination be influenced through participation in a structured inquiry lesson?
4. Are self-efficacy, self-determination and career motivation interrelated?
5. Are self-efficacy, self-determination, career motivation related to achievement; and are they related to grades of science (Biology and Physics) and non-science subjects (native language)?

Materials and Methods**Science motivation questionnaire**

The Science Motivation Questionnaire (Glynn et al., 2009, 2011; SMQ) was described as a tool to evaluate the effectiveness of instructional strategies and materials designed to increase students' motivation. Thus, it provides knowledge about an individual's motivation to learn science. The SMQ is therefore a tool for investigating motivation to learn science as well as the interaction of motivation with instructional methods (Glynn et al. 2011). So far, the SMQ was only used with post-secondary school students. As the question of motivation to learn science is a crucial issue during school time, we applied this instrument to secondary school student. All SQM items followed a five-point Likert-scale ranging from 1 (not agree at all) to 5 (totally agree). As Glynn and his colleagues had stressed that further validation is always needed (2011), we focused on an adaptation to 4 items per subscale in order to reduce the overall item number. This is especially beneficial for keeping adolescents focused on filling in questionnaires concentrated, especially if the study consists of several questionnaires at a time and repeated application of them. The applied subscales of the SMQ were "self-efficacy", "self-determination" and "career motivation". A priory exclusion was justified with either similar meaning of items or comprehension difficulties of students in the pilot-study. As the SMQ can be used to track changes in students' science motivation during a course (Glynn et al., 2011), we applied the SMQ four times: T0: before the course, T1: directly after the course, T2: 6 weeks after and T3: 12 weeks after the course. The second retention test we regard as unveiling a potential long-term impact of our course. Additional variables were students'

content knowledge (17 items) and their latest subject grades (Biology, Physics and Native Language).

Sample & Intervention:

We examined 209 secondary school students' motivation for science and the effects a single inquiry unit upon it using a quasi-experimental design (Mertens, 2010). Students were 15.1 years old ($SD=+/-0.55$) and consisting of 44.23% girls and 55.77% boys. We decided for a short-term program, as they reflect day to day school life more realistically (Crawford, 2000). Our structured inquiry-based science course "The hearing of sound" combined biology with physics in a student-centered way of learning. Students worked independently in teams of four with the help of a working booklet and a box full of material to use for setting up experiments mentioned in the texts of the booklet. The teacher only helped on demand, for instance, with technical problems and narrowed problems raised by a group, leading the students of the group to realize the answers to their questions by themselves. Therefore, a teacher rather facilitated the learning instead of providing the knowledge. The course lasted for 3 hours in a row, on one day during a regular school week.

The hands-on material was provided in a big box in front of the class. Students needed to fetch the experimental setups autonomously and work with them following information provided in the workbook. Provided materials consisted of laptops with free software, tuning forks, metallophones, paper clips, rulers, boxes, rubber bands, paper cards, etc. The workbook raised questions about the phenomenon to be investigated, informed about comparisons to known phenomena similar to the one to be investigated (e.g. lever system already known from a playground-see-saw) and contained the description of experiments as well as requesting answers by interpreting the experiment's results.

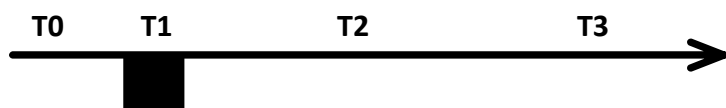


Figure 1: Schedule of questionnaires. Back area= lesson. T0= two weeks prior; T1= directly after; T2= six weeks after; T3= twelve weeks after the lesson

Statistics

For statistical analyses, we used SPSS 20.0. For the factor extraction of the SMQ a principal axis factoring (PAF) was used. Three factors were identified using the Kaiser-Guttman rule. The Scree plot supported the three-factor solution each time. We used

direct oblimin rotation for facilitated interpretation. The mean scores of each SMQ-subscale were normal distributed according to the QQ-Plots. In case of repeated measurement ANOVA and correlations, mean scores were applied. For correlation calculations, Bonferroni corrections were applied (alpha/number of tests applied).

Results

Structure analysis of the SMQ

The pre-test SMQ-questionnaire (T0) was factor-analyzed (principal axes factor analysis (PAF) with direct oblimin rotation). Using the Kaiser-Guttman rule, three clear factors with an eigenvalue greater than 1 were identified: career motivation (C), self-determination (Sd), self-efficacy (Se) (Tab.1). All factors accounted for a total accumulated variance of 51.08% (T0, n=209), and a variance per factor of F1: 29.3, F2: 14.2, F3: 7.6. Barlett's test of sphericity was significant (chi square= 880.43, df=66, $p<0.001$) and the Kaiser-Meyer-Olkin value is considered as good (KMO=.80; Field, 2005, p. 640).

Table 1: Factor loadings from the PAF with direct oblimin rotation of the pre-test values of the SMQ (T0) (scores $<.3$ are suppressed). N(T0)=209. Abbreviations in bracket derivate from random presentation of items during the pre-test and merely have internal meaning.

Item	Abb.	Factor 1	Factor 2	Factor 3
My career will involve science (C4)	C4	.813		
Understanding science will benefit me in my career (C3)	C3	.758		
Learning science will help me get a good job (C1)	C1	.682		
I will use science problem-solving skills in my career (C5)	C5	.658		
I put enough effort into learning science (SD1)	SD1		.685	-.336
I spend a lot of time learning science (SD2)	SD2		.652	
I prepare well for science tests and labs (SD3)	SD3		.638	
I study hard to learn science (SD4)	SD4		.595	
I am sure I can understand science (SE5)	SE5			.746
I believe I can master science knowledge and skills (SE4)	SE4			.704
I am confident I will do well on science tests (SE2)	SE2			.640
I am confident I will do well on science labs and projects (SE3)	SE3			.552
Cronbach's alpha	/	.838	.730	.779

The subscales of the SMQ (T0) indeed split in three distinct subscales as described by Glynn et al. (2011). Factor loadings ranged from .552 to .813, with one cross loading above 0.3. Therefore, reducing item numbers did not affect the three-fold structure (table 1).

Analysis of consistency of the SMQ-structure

We applied the PAF analysis for all subsequent testing-time-points (T1-T3), revealing the same structure each time. Barlett's test of sphericity were significant (T1: chi square= 872.89, df=66, $p<0.001$; T2: chi square= 761.03, df=66, $p<0.001$; T3: chi square= 798.73, df=66, $p<0.001$) and a Kaiser-Meyer-Olkin value considered as good (T1: KMO=.80, T2: KMO=.78, T3: KMO=.80; Field, 2005, p.640). No cross-loading surpassing 0.3 occurred. For the three additional testing time-points, the total explained cumulated variance scored above .50%: T1: 51.54% (n=201); T2: 53.75% (n=163); T3: 55.39% (n=155), and a range (T1-T3) of variance per factor of F1: 29.3 – 34.0, F2: 13.4 – 15.5, F3: 6.4 – 8.8. The Cronbach's alpha ranged between .730 and .857 (T0 – T3) (Table 2). Values between 0.7 and 0.8 are considered good, especially with only 4 items per scale (Field, 2005, p.668).

Table 2: Factor loadings from the PAFs with direct oblimin rotation of the post-test (T1) and the two retention tests (T2, T3). Factor loadings below .3 are not shown. N(T1)=201, n(T2)=163, n(T3)=155. Order of items as ordered due to their loading during T0 (table 1). Abbreviations in bracket refer to random presentation of items during the pre-test and are have internal meaning only. According Cronbach's alpha values.

Item	Abb.	T1			T2			T3		
		C	SD	SE	C	SD	SE	C	SD	SE
My career will involve science (C4)	C4	.860			.778			.888		
Understanding science will benefit me in my career (C3)	C3	.804			.871			.809		
Learning science will help me get a good job (C1)	C1	.719			.734			.529		
I will use science problem-solving skills in my career (C5)	C5	.715			.649			.702		
I put enough effort into learning science (SD1)	SD1		.549			.694			.573	
I spend a lot of time learning science (SD2)	SD2		.660			.759			.728	
I prepare well for science tests and labs (SD3)	SD3		.643			.727			.678	
I study hard to learn science (SD4)	SD4		.549			.595			.747	
I am sure I can understand science (SE5)	SE5			.719			.736			.866
I believe I can master science knowledge and skills (SE4)	SE4			.846			.593			.752
I am confident I will do well on science tests (SE2)	SE2			.643			.771			.611
I am confident I will do well on science labs and projects (SE3)	SE3			.534			.599			.514
Cronbach's alpha		.857	.736	.782	.855	.785	.777	.814	.756	.814

The Influence of a structured inquiry course on science motivation was analyzed by comparing the cohorts' scores at the 4 testing time-points (T0-T3; figure 2).

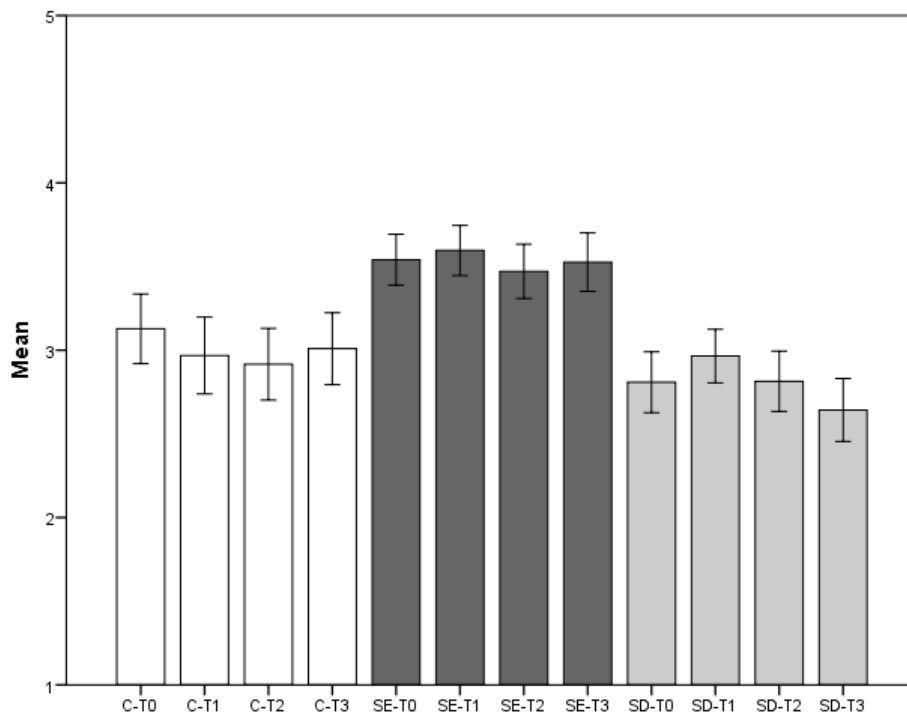


Figure 2: The SMQ-factors measured over a period of 14 weeks: C=Career motivation, SE=Self efficacy, SD=self-determination. Two weeks before (T0), directly after (lesson; T1), 6 weeks after (T2), 12 weeks after the lesson (T3). A 5-point Likert scale was used: Maximum 5, minimum 1. Mean scores of each subscale are displayed.

The course of each subscale was analyzed applying repeated measurement ANOVA. It revealed a consistent subscale rating over time for career motivation and self-efficacy, (Career: $F(3, 279)=2.14$, $p=n.s.$, partial eta squared=0.22, $n=94$; Self-efficacy: Applying the Mauchly's test indicated that the assumption of sphericity had been violated (app. Chi-square(5) =18.8, $p<0.05$). Therefore, degrees of freedom were corrected by using Greenhouse-Geisser estimates of sphericity (epsilon=.886), $F(2.66, 260.46)=1.13$, $p=n.s.$, partial eta squared=.011, $n=99$). Self-determination, however, changed significantly over time ($F(3, 297)=6.93$, $p<0.001$, partial eta squared=.065, $n=100$). From pre-test to directly after the lesson, self-determination was increased (SD_{T0-T1} : $F(1, 99)=5.21$, $p=0.025$, partial eta squared=0.05, $n=100$). After six weeks, students fell back to their pre-lesson level (SD_{T0-T2} : $F(1,99)= 0.058$, $p=n.s.$, partial eta squared=0.001, $n=100$) and after twelve weeks SD was even below the pre-lesson level (SD_{T0-T3} : $F(1,99)=4.249$, $p=0.042$, partial eta squared=0.041, $n=100$).

Correlations of the SMQ with other variables

To analyze the correlation of the SMQ subscales with each other, and with the variables of students' grade and student' knowledge score, we applied Pearson's correlation coefficient r and Bonferroni correction, $n=95$. For career motivation and self-efficacy only, the mean scores of the pre-test (T0) were used in all correlations, as the rating of all subscales remained constant over all four measurement points (see above). For self-determination, all four testing time-points were used, as students' rating changed over time (see above).

Within the inter-correlation patterns of the subscales, only career motivation (T0) linked to self-efficacy (T0) ($p<0.001$, $r=.54$). Self-determination (T0-T3) did not correlate with career motivation (T0) (T0: $r=.14$, T1: $r=0.16$, T2: $r=0.2$, T3: $r=0.08$; all $p=n.s.$) nor with self-efficacy (T0) (T0: $r=0.00$, T1: $r=-0.023$, T2: $r=0.13$, T3: $r=0.02$; all $p=n.s.$).

To analyze the correlation between science motivation and students' knowledge score before and after the inquiry course, Pearson's correlation coefficient was calculated for each subscale of the SMQ (T0) and the four measuring time-points of the knowledge score (T0-T3; table 3).

Table 3: Correlations of the mean scores (T0) of the SMQ-subscales with students' mean knowledge scores (K-T0 -T3). Pearson correlation index r ; $N=95$. Due to Bonferroni correction p -values below 0.0042 are considered significant and indicated with an asterisk*.

		K-T0	K-T1	K-T2	K-T3
T0-C	r	.17	.23	.34*	.30*
T0-Se	r	.26	.21	.35*	.35*
T0-Sd	r	-.13	-.05	-.02	.02

Career motivation correlated significantly with the knowledge score six weeks after the inquiry course and continues to show significance 12 weeks later as well (T2: $r=.34$, $p=0.001$, T3: $r=.30$, $p=0.003$). Therefore, students with high knowledge scores in the retention tests also had a high motivation for a science career. Before and directly after the course, career motivation did not correlate with knowledge levels (T0: $r=.17$, $p=n.s.$, T1: $r=.23$, $p=n.s.$).

Self-efficacy: Similar to career motivation, self-efficacy is significantly correlated with knowledge levels 6 and 12 weeks after completion of our intervention (T2: $r=.35$, $p<0.001$, T3: $r=.35$, $p<0.001$), but did not before and directly after the course (T0: $r=.26$, $p=n.s.$, T1: $r=.21$, $p=n.s.$).

Self-determination (T0) did not correlate throughout the four measuring time-points with the knowledge scores ($SD_{T0} * K_{T0}$: $r = -.13$; $SD_{T0} * K_{T1}$: $r = -.05$; $SD_{T0} * K_{T2}$: $r = -.02$; $SD_{T0} * K_{T3}$: $r = .02$; all $p = n.s.$; $n = 95$). This is the case, regardless of self-determination changing between T0 and T3 ($SD_{T1} * K_{T0}$: $r = -.12$; $SD_{T1} * K_{T1}$: $r = .04$; $SD_{T1} * K_{T2}$: $r = -.06$; $SD_{T1} * K_{T3}$: $r = -.03$; $SD_{T2} * K_{T0}$: $r = -.02$; $SD_{T2} * K_{T1}$: $r = .16$; $SD_{T2} * K_{T2}$: $r = -.07$; $SD_{T2} * K_{T3}$: $r = -.07$; $SD_{T3} * K_{T0}$: $r = -.10$; $SD_{T3} * K_{T1}$: $r = -.12$; $SD_{T3} * K_{T2}$: $r = .02$; $SD_{T3} * K_{T3}$: $r = .05$; all $p = n.s.$; $n = 95$ respectively). Thus, students' rating of high or low self-determination is independent from their individual content knowledge scores.

Furthermore, the correlation of the SMQ subscales and students' grade were analyzed. The biology and physics grades of both correlated significantly with career motivation and self-efficacy ($C_{T0} * bio$: $r = .4$, $p < 0.001$, $C_{T0} * phys$: $r = .36$, $p < 0.001$; $SE_{T0} * bio$: $r = .54$, $p < 0.001$, $SE_{T0} * phys$: $r = .49$, $p < 0.001$). Thus, good grades in Biology or Physics are linked with high scores in career motivation and high scores in self-efficacy. On the other hand, self-determination did not correlate significantly with the science subject grades, when taking Bonferroni correction into account ($SD_{T0} * bio$: $r = .24$, $p = n.s.$, $SD_{T0} * phys$: $r = .05$, $p = n.s.$). Good grades in biology and physics, therefore, do not indicate if a student holds high or low self-determination. As control, we also included the grade of the native language, which had, as expected, no significant correlation with the SMQ subscales ($C_{T0} * NL$: $r = .03$, $SE_{T0} * NL$: $r = .09$, $SD_{T0} * NL$: $r = .17$; all $p = n.s.$), indicating that they are indeed connected to science subject only.

Table 4: Correlation of the mean scores of the SMQ-subscales with students' mean subject grades. SMQ-data from pre-test (T0). Pearson correlation index r . $N = 95$. Due to Bonferroni correction p -values below 0.0056 are considered significant and indicated with an asterisk*.

		Native		
		Bio	Phys	Language
T0-C	r	.39*	.36*	.03
T0-Se	r	.54*	.49*	.09
T0-Sd	r	.24	.05	.17

Discussion

Correlations of motivational components – only partially

Only self-efficacy and career motivation correlate with each other, self-determination does not correlate with them. This is quite in contrast to Glynn et al. (2011) reporting

correlations between all three factors. Therefore, in our case the motivational components do not seem mutually supportive. Throughout our analyses, self-determination showed other response patterns than career motivation and self-efficacy, indicating that the motivational components do indeed differ (see discussion below). However, the positive correlation between self-efficacy and career motivation is in line with Stake and Mares (2001) where high school students with a strong sense of capabilities prior to inquiry courses, showed greater expectations for a successful science career. Considering science in future career plans, therefore, seems connected to self-confidence in students' ability and skills to master science (school) content. Similarly, Gwilliam and Betz (2001) reported self-efficacy as predictor for later-on course selection and career preference. Believing in ones capabilities, therefore, indicates individual willingness to choose for corresponding career plans. As self-determination behaved different in all aspects of analysis, the discussion is split between self-efficacy & career motivation and self-determination.

Career motivation & Self-efficacy:

Effects of a 3h inquiry lesson on career motivation and self-efficacy. Career-motivation and self-efficacy are not influenced by a short (3h) inquiry course. Both subscales remain unchanged over a period of 14 weeks, despite the inquiry course. We therefore conclude those two subscales as reflecting a general rating, not specific to a certain course or a specific day (as their items intend), and that career motivation and self-efficacy are quite constant. To affect these variables, teaching explicitly about science career and self-efficacy may be needed. For instance, even a one year long inquiry course in college Physics has been found of not intervening with self-efficacy (Cavallo , Potter & Rozman, 2004). On the other hand, Brickman and colleagues (2009) described attending a term-long inquiry lab course as leading to an increase in self-confidence. Self-efficacy is believed to be strongest influenced by interpretation of previous performance (Bandura, 1986, 1997). According to Schunk (1985) and Schunk and Meece (2005), self-efficacy is raised by success and lowered by failure, but occasional failure (or success) after some success (or failure) is unlikely to impact self-efficacy levels. This could be an explanation for why our rather short inquiry lesson did not impact students' self-efficacy – the experience gathered during the course probably produced insufficient impact on the general self-efficacy for learning science. Stake and Mares (2001; program 1) showed science confidence scores to be stable from pre- to post-test, but to be increased six

months later. Therefore, science confidence in high ability students was long-term affected by a four week inquiry-based course. However, although it explicitly had included the topic of career options in science, career motivation was only increased short term. Taken together, our results add to the yet not clear picture of the influence on self-efficacy and career motivation through inquiry teaching.

Relationship of achievement and career motivation & self-efficacy. Students with lower long-term achievement had lower career motivation and self-efficacy, as well as the other way round. Long-term achievement (i.e. retention; T2, T3) apparently may give hints on students' opinion about involvement of science in their later career. Glynn, Taasobshirazi and Brickman (2007) similarly found positive correlations between career motivation and science grade point average (GPA). Students of our study, who had high self-efficacy, were more likely to earn higher knowledge scores. This is in line with Stake and Mares (2001) where high school students with strong general beliefs in their individual abilities appeared to profit more from their four week inquiry summer course. Britner and Pajares (2001) as well found self-efficacy in middle school students as a predictor of science achievement. As well as Bryan, Glyn and Kittleson (2011), we see self-efficacy as highly related to achievement. Thus, high achievers hold higher self-confidence (and vice versa). Generally, self-efficacy is known to mediate the effects of prior achievement, knowledge and skills on later achievement (Schunk, 1985). That the correlations directly after the lesson (T1) were non-significant, may be explained by the fact that directly after the course relatively high content knowledge scores can be achieved by all students. However, long term (T2, T3) only the knowledge score of "good" students (deep processing) can remain high after 6 or 12 weeks. As the school class is then "split" in those students able to still remember and score high on the knowledge test, and those not, the knowledge score then correlates significantly with career motivation and self-efficacy.

Relationship of grades and career motivation and self-efficacy. Similarly to our findings of career motivation and self-efficacy on achievement, students who had good grades in Biology or Physics scored high in career motivation and self-efficacy as well. The linkage of career motivation and students grades is not surprising as probably those students strong in science would feel better prepared or have higher aspiration to reach for a science career. Neither of both motivational components correlated with the native

language grade, indicating criterion-related validity for these subscales. For example, Zusho and Pintrich (2003) described self-efficacy as predicting final course grades in a college chemistry course. In their 2011 study, Glynn and colleagues reported self-efficacy as the subscale correlating the highest to students' GPA. A finding we could confirm, both Biology and Physics grades relate stronger to self-efficacy than to career motivation. Glynn and colleagues (2011) used grades based on students' achievement during the observed semester while we used grades based on students' achievement prior to our course. We therefore conclude that self-efficacy is not only a predictor of future grades (and test achievement), because it leads students to work harder and persist longer on hard tasks (Britner, 2008); but that previous grades also indicate students' self-efficacy for this subject. As control, we also included the grade of the native language, which did, as expected, not correlate with the SMQ subscales, indicating a connection to the science subjects only.

Self-determination:

Effects of a 3h inquiry lesson on self-determination. Self-determination was found to be affected positively by our inquiry course, although this increase lasted only short-term. Therefore, self-determination seems to be more easily influenced by current subject topics or events, than career motivation or self-efficacy. This may be explained by the circumstance, that students' thoughts e.g. on their later career is something that is rather built up from diverse resources of their daily life and is therefore more "robust" to new information or experiences. Similar might be true for self-efficacy, as to evaluate one owns skills in respect to a subject (science), judgment probably is based on long-time observations during the last school year(s) (Bandura, 1986, 1997). On the other hand, in the subscale of self-determination students are ask to evaluate how much they learn and prepare for a subject (science). This is a question that students can rate differently each day as the question of learning-effort can be applied each day anew – as students invest effort each day, likely depending on subject, topic, teacher and so on – and therefore new "information" is added to the question of learning effort each day. Contrarily, "information" adding to career decisions or self-efficacy may be encountered rather less frequently in school; e.g., topics regarding science careers explicitly, or test-results where students get feedback if they are good in a certain topic or subject. Taken together, it seems that the self-determination subscale can be answered according to rather daily-changing experiences despite their general formulation. For instance, "I study hard to

learn science” – sometimes I do, sometimes I do not; depending on other circumstances on that day/ week. The items of career motivation and self-efficacy rather aim for opinions regarding the (late) future (career), or are based on a relatively long history of experience of passed exams (self-efficacy) – e.g., “Learning science will help me get a good job” or “I am confident I will do well on science tests”.

Relationship of self-determination and grades & achievement. Contrarily to Glynn and colleagues (2011), in our study self-determination showed to be independent from secondary school students’ acquired content knowledge as well as from their science subject grades. Therefore it seems that whether students in secondary school believe to invest and learn enough for science subjects (i.e. taking control over their learning; high self-determination) is not reflected by test scores, nor by grades. Grades and achievement in Biology and Physics therefore cannot indicate high or low self-determination in secondary school students.

Looking closer on self-determination, our secondary school students of 15 years ($SD=+/-0.55$; 44.23% girls) differed from the undergraduate university sample of Glynn and colleagues (2011; science and non-science majors, no data on age provided). This discrepancy may explain the differing results for self-determination. Foremost, school classes contain all kinds of students, those interested in science, and those who are less or not at all interested therein. University classes mainly consist of young people that actively and freely chose a) for a certain subject area and b) are determined to invest their time and capacities to learn this subject. Furthermore, as students do not actively choose to be in school, they cannot choose to only learn subjects or topics interesting to them. Therefore, instead of learning because they are interested, they may rather learn “for the teacher” in trying to please his or her expectancies. Third, students in upper secondary school are generally younger than first and second semester university students. Additionally, we assume that school students form much stronger social bonds with their teachers than undergraduate university students do to their lecturers, because of the many social aspects of school classes (e.g., relatively small groups ~30, social misbehavior is condemned, teachers addresses students by their name, stable class composite, certain teachers are known from first grade etc.). Lecturers of undergraduate students, also due to their more disciplined behavior, mainly hold the role of providing content knowledge. This stronger bond during school might emphasize students’ believe that their learning, achievement and grades are very much controlled and therefore dependent on their

teacher – and not so much on their own behavior (self-determination). For example, there are indications, that the general self-determination of higher secondary school students with learning disabilities, is hindered to develop when parents or teachers regularly solve problems for them, fostering dependence, instead of teaching them how to solve problems by themselves through training problem solving (Durlak, Rose and Bursuck, 1994). Additional differences also concern the overall predefined structure of the education institution, e.g., learning in school is regularly controlled (predefined schedule, homework, attendance) whereas learning at university needs mainly organization by the students themselves. Wehmeyer and Palmer (2003) found, that higher secondary school students with learning disabilities, who had high self-efficacy scoring in their last school year, did better in multiple life categories three years later than those with lower self-determination, indicating higher general self-determination as beneficial for life after school. Similarly, Weimer (2002) argued, that the (over)-structured classrooms of today lead students to depend on the teacher to provide rules for nearly everything (see chapter five, p. 95-99). She suggests learner-centered strategies for enhancing students to take responsibility for their learning.

In summary, university students are more likely to have higher self-determination than secondary school students might do. The given reasons may lead secondary school students to regard their learning outcome and grades rather related to their teachers “goodwill” instead of their own learning behavior. This might explain why in our sample with upper secondary school-students, self-determination neither relates to science grades nor achievement.

Conclusion:

Conclusion for Self-determination & Career motivation

Career motivation and self-efficacy both strongly correlate with the science subject grades. As they, as well, correlate with the knowledge scores obtained 6 and 12 weeks after the inquiry course, we conclude, that both variables are highly connected to ability and skills in science. Students who understand and can recall content knowledge after 6 and even 12 weeks, and who, due to their higher ability and skills, can earn higher subject grades, consider science to be part of their career more, and are more convinced of their science skills and knowledge, than students with low subject grades and/ or low ability to recall content knowledge. In the 2007 and 2011 study of Glynn and colleagues, all SMQ-subscales correlated significantly with college students grades (science GPA).

They concluded that higher motivated students earn better science grades. Although we would still conclude the same from our data on the base of self-efficacy and career motivation, the continued different behavior of the self-determination variable is surprising but strong. Further studies using the SMQ with secondary school students may bring further information to these differing findings.

Neither career motivation nor self-efficacy were affected by a single course – not by our 3-hour inquiry-based course, nor by any other event within the 14 weeks of observation. Students therefore seem to ground their answers about career motivation and self-efficacy on information and experience gathered over a long lasting period of time, so that single events will not influence their answers to the test items. We therefore suggest that applying the subscales of career motivation and self-efficacy only once is sufficient if the scales will be used along a short term intervention in secondary school, due to its rather robust nature against co-occurring events. Whether career-motivation and self-efficacy can be influenced by long-term interventions or interventions aiming directly at improving these variables needs to be tested yet. Due to their rather short nature both subscales can be used in class easily by teachers to obtain an accurate measure of students' self-assessment of their general career motivation and self-efficacy.

Conclusion for Self-determination

Self-determination fails to significantly correlate with science grades. Together with the finding, that self-determination does, as well, not significantly correlate with secondary school students' knowledge scores, we conclude self-determination as independent from students actual skills and abilities (knowledge test), or their accumulated, external observed abilities (subject grade). To foster self-determination, simply helping them to access better test scores or subject grades probably would not be goal leading. As our results show, involving them in structured inquiry tasks helps to increase their self-determination. This may be the case, because students directly needed to use their newly acquired knowledge for handling the hands-on experiments and answering questions. They therefore saw that it was on them if they wanted to understand the topic. That the teacher steps back and is not the center of attention, as he does not provide knowledge or answers, could be the crucial part here. Although the increase of self-determination was of short duration only, occurring directly after participation in the lesson block, we suggest that self-determination can be improved due to student-centered, constructivistic activities like structured inquiry-based learning. An increase of frequency of inquiry

throughout the school year might lead to an elongated increase in self-determination. However, if short increases of self-determination over time, will lead to a more sustainable increase in science self-determination needs clarification yet.

As the positive impact was of short duration only, students seem to judge their rating of the self-determination-items rather on events experienced lately, despite questions being formulated for their general self-determination behavior. This effect unlikely is an effect of translation, as all three subscales aimed at students' general opinion and only self-determination was treated differently by the students. To summarize, we cannot conclude from the data obtained here, what exactly influenced self-determination within the 14 weeks of observation, but we can exclude direct linkage to science subject grades and test scores and emphasize the usage of inquiry based learning for further research on how to increase self-determination in secondary school students. We furthermore suggest, since self-determination can be influenced by single short events, that the self-determination subscale should better be used several times (before and after an intervention) to measure its impact on this variable. For science teachers, the subscale of self-determination therefore offers a tool to monitor the influence of a lesson, excursion or science day on the class's self-determination. We suggest cautiousness with generalization of results obtained by the self-determination subscale if it was measured just once and co-occurring events were not taken into account. Taken together, we conclude the motivational components of career motivation and self-efficacy as positively linked to course achievement and therefore providing meaningful information for teachers.

Recommendations

We would advise caution in using the SMQ for tracking secondary school students' motivation, as its power seems limited because the subscales seem to have unequal sensitivity in the face of lesson participation. Two out of these three subscales were rated unchanged over a period of 14 weeks including lesson participation and therefore may need more focused, longer-lasting or heavier feedback than from a single lesson to be influenced. The third subscale was sensitive enough to be positively influenced through class participation, but the impact was not sustainable and the relatedness to the other two subscales is questionable due to lacking correlations. Consideration self-determination to be part of the same motivation-continuum as self-efficacy and career motivation is

doubted, at least for secondary school students. We therefore rather limit career motivation and self-efficacy to indicate students' science motivation.

As the change tracking in students' motivation to learn science did either not result in changes at all (SE & C) or only in changes of short duration (SD), some caution is advised in interpreting the subscales. However, we still think that their implementation in secondary school classes is a useful tool for teachers. The subscales provide accurate information on career motivation, self-efficacy and self-determination. The subscales of career motivation and self-efficacy can form the base for discussing why students are (not) very motivated. For example, lack of information about science job opportunities, the importance of understanding science for daily life or reasons why students perceive to lack competence in science could be discovered. Using the self-determination subscale can provide information on the mental maturity and indicate if students already recognized that their learning outcomes (test scores, grades) are dependent on them and their learning investment and not e.g. their teachers' goodwill. Our results of self-determination indicate that constructivistic approaches, like inquiry based learning, can lead to increase students' self-determination.

When teachers detect reasons for low motivation for science or low self-determination, they could adapt their teaching or provide information on the problem areas mentioned above to increase science motivation or awareness of consequences of investing time and effort for learning. Increasing science motivation will likely affect students' achievement positively which eventually promotes their science literacy needed for their daily life after school. It can help teachers to form literate citizens or even motivating students to opt for a career in science. Increasing students' self-determination is likely to be beneficial for their overall after-school life (Wehmeyer and Palmer, 2003; Weimer, 2002). If they already learn to take responsibility for their learning during school, they may recognize more early in life, that their own learning-behavior causes their achievement and grades, which may open them opportunities to use learning strategies or ask for help when they are not satisfied with their achievements.

As Thelen, criticizing the "hit and run" style of learning in school, has already claimed in 1975, education should not only develop individual powers but also prepare effective citizens, because students are someday "going to manage others; interpret the world around them; make discoveries; create social, political, and economic alternatives; ferret out facts; and persuade, promote, criticize, analyze, guide, console,

and teach” (p. 107). We therefore agree with Thelen (1975), who promoted the frequent use of short questionnaires by teachers to help to guide their instruction.

Acknowledgements

We especially thank the participating teachers and students. Our study was funded by the University of Bayreuth as well as the European Commission (PATHWAY, FP7-Science-in-Society-2010-1, THEME SiS-2010-2-2.1-1; 266624). Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the European Commission.

References

- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. New York: Freeman.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual review of psychology*, 52(1), 1-26.
- Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science education*, 84(6), 740-756.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Brickman, P., Gormally, C., Armstrong, N., & Hallar, B. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2), 1-22.
- Britner, S. L. (2008). Motivation in high school science students: A comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 955-970.
- Britner, S. L., & Pajares, F. (2001). Self-efficacy beliefs, motivation, race, and gender in middle school science. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 7(4).
- Britner, S. L., & Pajares, F. (2006). Sources of science self-efficacy beliefs of middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 485-499.

Bryan, R. R., Glynn, S. M., & Kittleson, J. M. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education*, 95(6), 1049-1065.

Cavallo, A. M., Potter, W. H., & Rozman, M. (2004). Gender differences in learning constructs, shifts in learning constructs, and their relationship to course achievement in a structured inquiry, yearlong college physics course for life science majors. *School Science and Mathematics*, 104(6), 288-300.

Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of research in science teaching*, 37(9), 916-937.

Durlak, C. M., Rose, E., & Bursuck, W. D. (1994). Preparing High School Students with Learning Disabilities for the Transition to Postsecondary Education: Teaching the Skills of Self-Determination. *Journal of Learning Disabilities*, 27(1), 51-59.

Eurydice (2011), *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. doi:10.2797/7170

Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS statistics*. London: Sage.

Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693-705.

Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1159-1176.

Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. (2007). Nonscience majors learning science: A theoretical model of motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1088-1107.

Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. (2009). Science motivation questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 127-146.

Gwilliam, L. R., & Betz, N. E. (2001). Validity of measures of math-and science-related self-efficacy for African Americans and European Americans. *Journal of Career Assessment*, 9(3), 261-281.

Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational technology research and development*, 48(4), 63-85.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (Eds.). (2004). *Internet environments for science education*. Routledge.

Meece, J. L. (1997). *Child and adolescent development for educators*. New York: McGraw-Hill.

Mertens, D. M. (2010). *Research methods in education and psychology. Integrating diversity with quantitative and qualitative approaches*. Thousand Oaks, California: Sage.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.

Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs and mathematical problem-solving of gifted students. *Contemporary educational psychology*, 21(4), 325-344.

Pajares, F. (2002). Gender and perceived self-efficacy in self-regulated learning. *Theory into practice*, 41(2), 116-125.

Pajares, F., & Schunk, D. H. (2001). Self-beliefs and school success: Self-efficacy, self-concept, and school achievement. In R. Riding & S. Rayner (Eds.), *Perception* (p. 239-266). London: Ablex Publishing.

Palmer, D. (2005). A motivational view of constructivist-informed teaching. *International Journal of Science Education*, 27(15), 1853-1881.

Prince, M., & Felder, R. (2007). The many faces of inductive teaching and learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14.

Schmid, S., & Bogner, F. X., Does Inquiry-Learning Support Long-Term Memory? Submitted for publication

Schunk, D. H. (1985). Self-efficacy and classroom learning. *Psychology in the Schools*, 22(2), 208-223.

Schunk, D. H., & Meece, J. L. (2005). Self-efficacy development in adolescence. In F. Pajares and T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (p. 71-96). Greenwich, CT: Information Age Publishing

Stake, J. E., & Mares, K. R. (2001). Science enrichment programs for gifted high school girls and boys: Predictors of program impact on science confidence and motivation*. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(10), 1065-1088.

Thelen, H. A. (1975). The Triumph of "Achievement" over Inquiry in Education. *The Elementary School Journal*, 103-109.

Tuan, H. L., Chin, C. C., Tsai, C. C., & Cheng, S. F. (2005). Investigating the effectiveness of inquiry instruction on the motivation of different learning styles students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(4), 541-566.

Wehmeyer, M. L., & Palmer, S. B. (2003). Adult outcomes for students with cognitive disabilities three-years after high school: The impact of self-determination. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 38(2), 131-144.

Weimer, M. (2002). *Learner-centered teaching: Five key changes to practice*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons.

Wimpey, A., Wade, C., & Benson, L (2011). *Linking Pedagogy to Practice: Improving Student Motivation and Academic Performance in STEM Courses through Inquiry-Based Instruction*. Presented at the 2010 National Association for Research in Science Teaching, Orlando, FL, April 3-6, 2011

Zusho, A., & Pintrich, P.R. (2003). Skill and will: The role of motivation and cognition in the learning of college chemistry. *International Journal of Science Education*, 25, 1081–1094.

F Anhang

Im Folgenden sind die angewandten Fragebögen der vier Testzeitpunkte aufgeführt. Sie enthalten die in dieser Studie erhobenen Skalen, sowie Skalen, offene Fragen und Aufgaben zum Erstellen einer Konzeptkarte, deren Auswertung nicht Teil der hier vorgelegten Arbeit sind.

Die Randomisierung der Items und ggf. der Antwortmöglichkeiten erfolgte per Zufallsberechnung in Excel (MS-Office). Die Reihenfolge des vierten Fragebogens nach zwölf Wochen entsprach der Reihenfolge des ersten Fragebogens.

Das Unterrichtsmaterial, findet sich in einem gesondert gedruckten Anhang, um eventuell urheberrechtlich geschütztes Material zu schützen.

F.1 Vortest (T0)

Erster Teil

Auf den nächsten Seiten werden dir einige Fragen gestellt. Bitte beachte dabei die folgenden Punkte:

- Es wird nach deiner ganz **persönlichen Meinung** gefragt. Beantworte die Fragen selbständig ohne lange darüber nachzudenken.
- Verwenden einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift) zum Ausfüllen des Fragebogens.
- Die Auswertung des Fragebogens erfolgt streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.
- Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus hat diese Erhebungsstudie genehmigt (II.7-5 O 6106/34/29 – 31.10.2012).

Los geht's!

Bitte fülle die folgenden Felder aus.

Heutiges Datum (Tag und Monat) z.B. 01.02: _____

Mädchen ☐ Junge ☐

Geburtsmonat und -jahr, z.B. „März“ des Jahres „1999“:
_____ des Jahres _____

Die ersten beiden Buchstaben des Namens deiner Mutter, z.B. MAria: _____

Wie lautet deine Hausnummer z.B. 14: _____

Wie gut schätzt du dich du zurzeit in diesen Fächern ein?

	1 sehr gut	2	3	4	5	6 sehr schlecht
Biologie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Physik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deutsch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lese die folgenden Fragen zu den Bereichen Schall und Hören aufmerksam durch.

Kreuze die richtige Antwort an [x].

Nur eine Antwort pro Frage ist richtig. Setze nur ein Kreuz.

Rate nicht. Kreuze nur an, wenn du die Antwort weißt.

Wenn du eine Antwort ändern willst, fülle das Feld mit der falschen Antwort ganz aus und markiere die neue Antwort mit einem Kreuz [x].

Station 1: Was ist Schall?

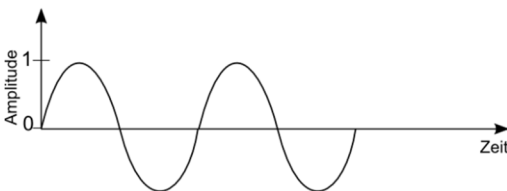
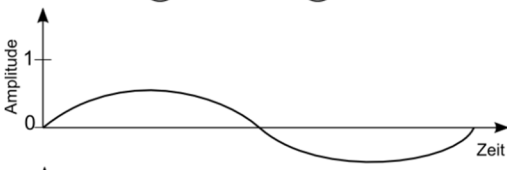
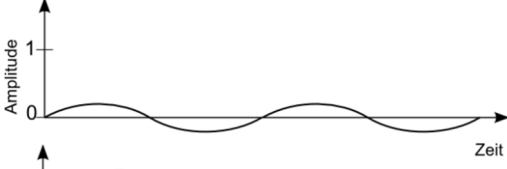
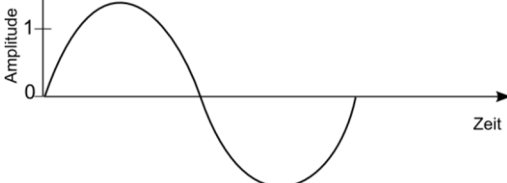
1) Was ist die Frequenz eines Luftteilchens das 1000-mal in 2 Sekunden schwingt?

- ☐ 1000 Hertz
- ☐ 2000 Hertz
- ☐ 500 Hertz
- ☐ 250 Hertz

2) Je höher der Ton, desto ...

- ☐ ... höher die Frequenz.
- ☐ ... niedriger die Frequenz.
- ☐ ... höher die Intensität.
- ☐ ... niedriger die Intensität.

3) Welche der folgenden Schallwellen ist am lautesten?

- ☐ Graph 1 
- ☐ Graph 2 
- ☐ Graph 3 
- ☐ Graph 4 

4) Wodurch entsteht Schall?

- ☐ Ohr
- ☐ Auge
- ☐ Vibration
- ☐ Hören

5) Wenn sich eine Schallwelle durch den Raum bewegt, ...

- ☐ ... verursacht sie einen Wind welcher die Geräuschteilchen trägt.
- ☐ trägt die Welle Geräuschteilchen von der Geräuschquelle zum Ohr.
- ☐ ... verursacht sie eine Wiederholung von Verdichtungen und Verdünnungen der Luft.
- ☐ ... verändert die Welle die Frequenz.

Station 2: Außen- und Mittelohr

1) Welches ist die richtige Reihenfolge, wenn man dem Weg des Tons durch das Ohr folgt?

- ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Trommelfell, Gehörknöchelchen.
- ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Innenohr, Gehörknöchelchen.
- ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell.
- ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Gehörknöchelchen, Innenohr.

2) Welche der folgenden Aussagen stimmt?

- ☐ Außen- und Innenohr sind mit Luft gefüllt, während das Mittelohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
- ☐ Außen- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Mittelohr mit Luft gefüllt ist.
- ☐ Außen- und Mittelohr sind mit Luft gefüllt, während das Innenohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
- ☐ Mittel- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Außenohr mit Luft gefüllt ist.

3) Ändert sich die Frequenz des Tons wenn er im Ohr verarbeitet wird?

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz von der Schallwelle in der Luft zum Trommelfell
- ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz vom Trommelfell zu den Gehörknöchelchen

4) Welches ist das erste Gehörknöchelchen?

- ☐ Hammer
- ☐ Ambos
- ☐ Steigbügel
- ☐ Schere

5) Warum ist das Ovale Fenster kleiner als das Trommelfell?

- ☐ Weil das Trommelfell relativ dick ist.
- ☐ Weil dadurch die Kraft auf die kleinere Fläche konzentriert wird.
- ☐ Weil dadurch die Kraft auf die große Fläche verteilt wird.
- ☐ Damit die Kraft auf beide Flächen gleich groß ist.

Station 3: Innenohr und Resonanz

1) Eine Schallwelle mit einer Frequenz von 440 Hertz kommt an einer Gitarrensaite an. Unter welchen Bedingungen wird die Saite zu vibrieren beginnen?

- ☐ Wenn der Ton dieser Saite weniger als 440 Hertz ist.
- ☐ Wenn der Ton dieser Saite mehr als 440 Hertz hat.
- ☐ Wenn der Ton dieser Saite genau 440 Hertz hat.
- ☐ Der Ton der Saite spielt dabei keine Rolle.

2) Welche Aussage zur Grundmembran stimmt?

- ☐ Tiefe Töne werden am Anfang, hohe Töne am Ende der Grundmembran detektiert.
- ☐ Hohe Töne werden am Anfang, tiefe Töne am Ende der Grundmembrane detektiert.
- ☐ Die Detektion hoher und tiefer Töne ist auf der gesamten Länge der Grundmembran gleich.
- ☐ Die Detektion für niedrige und hohe Töne erfolgt unabhängig von der Grundmembran.

3) Welche Eigenschaft eines Tons entscheidet darüber wie stark die Grundmembran bewegt wird?

- ☐ Die Frequenz
- ☐ Der Rhythmus
- ☐ Die Amplitude
- ☐ Die Geschwindigkeit

4) Mit welchem Instrument kann der Aufbau der Grundmembran verglichen werden?

- ☐ Xylophon
- ☐ Trommel
- ☐ Gitarre
- ☐ Flöte

5) „Räumliche Kodierung“ bedeutet, dass das Gehirn zuordnen kann welche Frequenz der Ton hatte, ...

- ☐ ... weil die Frequenzdetektoren in einer geordneten Reihenfolge angeordnet sind.
- ☐ ... weil die Frequenzdetektoren alle im Innenohr sind.
- ☐ ... weil die Schallwelle immer nur einen Frequenzdetektor gleichzeitig aktiviert.
- ☐ ... weil wir die Töne im linken und rechten Ohren vergleichen.

Station 4: Gesundheit

- 1) Du willst ein Geräusch von 30dB als doppelt so laut wahrnehmen wie zuvor. Was musst du tun?
- ☐ Von 30dB auf 60dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 45dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 75dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 40dB erhöhen.
- 2) "Ultraschall" bezeichnet ein Geräusch, welches _____ ist als es der normale Mensch wahrnehmen kann.
- ☐ lauter
 - ☐ höher
 - ☐ schneller
 - ☐ langsamer
- 3) Wieso verringert sich die Energie der Schallwelle wenn man weiter vom Lautsprecher weg steht? Weil die Energie dann ...
- ☐ ... auf eine größere Fläche im Raum verteilt wird.
 - ☐ ... auf eine kleinere Fläche im Raum verteilt wird.
 - ☐ ... auf beide Ohren aufteilt wird.
 - ☐ ... durch das Gesicht abgeschirmt wird.
- 4) Was geschieht wenn deine Haarzellen zerstört werden?
- ☐ Sie wachsen nach, deshalb hört man dadurch nicht schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nicht nach, trotzdem hört man nicht schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nach, aber man hört dadurch schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nicht nach, und man hört dadurch schlechter.
- 5) Eine Verringerung von 10Decibel führt zu einer _____ fachen Verringerung der Schall**intensität**.
- ☐ 1
 - ☐ 10
 - ☐ 100
 - ☐ 1000

Atme 10-mal tief ein und aus.

Fertig?

Super! Dann geht es jetzt mit Teil 2 weiter 😊

Zweiter Teil

Lesen Sie die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuzen Sie [x] die Antwort an, welche Ihrer Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet, dass die Behauptung überhaupt nicht auf Sie zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet, dass Sie der Behauptung voll zustimmt. Je höher die Zahl, die Sie ankreuzt, desto mehr stimmen Sie der Aussage zu.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Ich bin mir sicher, dass ich den Inhalt von naturwissenschaftlichen Fächern verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. In meinem späteren Beruf werde ich wissenschaftliches Arbeiten <u>nicht</u> benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich bin mir sicher, dass ich mit naturwissenschaftlichem Wissen und Fähigkeiten umgehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich bin immer neugierig darauf Neues im naturwissenschaftlichen Unterricht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Es wird mir in meinem Beruf nutzen, wenn ich Naturwissenschaften verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Bei der Lösung von Problemen kombiniere ich Ideen, die andere noch nicht ausprobiert haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Beim Lernen für naturwissenschaftliche Fächer gebe ich mir genug Mühe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich bin zufrieden, wenn ich Übungen im Biologie- oder Physikunterricht mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Es macht mir Spaß, bei Problemen, neuartige Lösungen zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich komme <u>selten</u> auf Lösungen, die andere noch nicht vorgeschlagen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Um die naturwissenschaftlichen Fächer zu verstehen, lerne ich viel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
12. Ich stelle mir oft Fragen über Biologie und Physik, die mir beim Verstehen der Fächer helfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich bin aufgeregt, wenn wir ein neues Thema in Biologie oder Physik anfangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich benutze bestimmte Muster, um mich gut für naturwissenschaftliche Fächer vorzubereiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Kenntnisse in den Naturwissenschaften werden für meine Karriere <u>nicht</u> vorteilhaft sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Für naturwissenschaftliche Fächer zu lernen, wird mir helfen einen guten Job zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Mir macht es Spaß neue Lösungen für Probleme zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich mag es, wenn ich all mein Wissen aktivieren muss, um Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich lerne <u>nicht</u> viel für naturwissenschaftliche Fächer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Wenn ich einen Text im Biologie- oder Physikunterricht lese, konzentriere ich mich auf wichtige Stellen im Text, anstatt alles zu lesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte beantworte die folgenden Fragen.

1. Wann <u>und</u> warum würdest du Ohrenstöpsel tragen?
<u>wann:</u>
<u>warum:</u>
2. Kann Lärm dein Gehör schädigen? Begründe deine Meinung.
3. Wie kannst du deine Ohren vor Lärm schützen? Nenne 4 Möglichkeiten.

Lese die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuze [x] die Antwort an welche deiner Meinung am meisten entspricht.

“1” bedeutet dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” bedeutet dass du der Behauptung voll zustimmst.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
21. Ich verbinde das, was ich im Biologie- oder Physikunterricht lerne, mit dem was mir im Alltag begegnet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ich bin überzeugt davon, dass ich in wissenschaftlichen Projekten schlecht sein werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Ich bereite mich gut auf naturwissenschaftliche Tests und Experimente vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Ich bin überzeugt, dass ich gut in naturwissenschaftlichen Tests abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Ich frage mich, wie sehr das, was ich in Biologie und Physik lerne, auf das echte Leben angewendet werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Wenn ich neue Dinge lerne, versuche ich sie mit dem zu verknüpfen, was ich bereits gelernt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. In meiner Freizeit erweitere ich mein Wissen über Biologie oder Physik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. In der Schule finde ich wissenschaftliche Erkenntnisse interessant und lerne gerne etwas darüber.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Ich mag es Biologie und Physik zu lernen, und interessiere mich für Lösungen naturwissenschaftlicher Probleme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Ich würde meine Freizeit nicht nutzen, um Themen die wir in der Klasse diskutiert haben, weiter zu erforschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Ich bin nicht sehr originell in meinen Einfällen, Gedanken und Handlungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Ich bin nicht sonderlich gut, wenn es darum geht, Probleme zu lösen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Ich bin nicht sehr daran interessiert zu wissen, wie man naturwissenschaftliche Probleme lösen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. In meinem späteren Beruf wird die Wissenschaft eine Rolle spielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

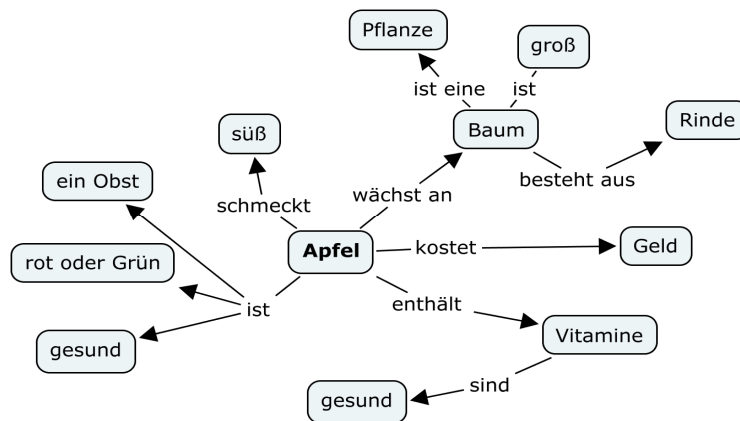
Jetzt kommt der letzte Teil ☺

Dritter Teil: Erstelle eine Konzeptkarte

Erstelle eine Konzeptkarte zum Thema Schall und beschreibe wie wir Hören. Dazu schreibst du in eine Konzeptkarte, was du alles zum Thema weisst. Benutze das **große Blatt Papier** zum Zeichnen.

Jede Blase kann ein oder mehrere Wörter enthalten und wird mit einem beschrifteten Verbindungspfeil zu einem Gedanken verbunden.

Als Beispiel: Eine Konzeptkarte zum Thema "Apfel"



Verwende Begriffe aus der folgenden Liste.

Du kannst eigene Wörter hinzufügen.

Streiche die verwendeten Wörter durch.

Hören, Ohr, Schallwelle, Frequenz, Amplitude, Lautstärke, Tonhöhe, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell, Außenohr, Mittelohr, elektrisches Signal, Grundmembran, Gehörschnecke, Flüssigkeitswelle, Gehirn, Kanäle, Haarzellen, Taubheit, ...

Schreibe **immer** ein ---Verbindungswort ---> **auf** den Pfeil.

Was **nicht** in die Karte gehört: Was Geräusche und Lärm macht (Menschen, Tiere, CD/DVD-Player, Instrumente, Radio, TV, PC ...), Musikarten, Sprache (z.B. Kommunikation, schreien, ...), ...

Hast du ...

... die Konzeptkarte fertig geschrieben?

... alle Angaben über dich auf das große Blatt geschrieben?

Super! Dann hast du es geschafft! - Vielen Dank 😊

F.2 Nachtest (T1)

Station 1 – Was ist Schall?

Auf den nächsten Seiten werden dir einige Fragen gestellt. Bitte beachte dabei die folgenden Punkte:

- Es wird nach deiner ganz **persönlichen Meinung** gefragt. Beantworte die Fragen selbständig ohne lange darüber nachzudenken.
- Verwenden einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift) zum Ausfüllen des Fragebogens.
- Die Auswertung des Fragebogens erfolgt streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.
- Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus hat diese Erhebungsstudie genehmigt (II.7-5 O 6106/34/29 – 31.10.2012).

Los geht's!

Bitte fülle die folgenden Felder aus.

Es ist wichtig, dass du dieses Feld an jeder Station ausfüllst.

Heutiges Datum (Tag und Monat) z.B. 01.02: _____

Mädchen ☐ Junge ☐

Geburtsmonat und -jahr, z.B. „März“ des Jahres „1999“:

_____ des Jahres _____

Die ersten beiden Buchstaben des Namens deiner Mutter, z.B. MAria: _____

Wie lautet deine Hausnummer z.B. 14: _____

Lesen Sie die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuzen Sie [x] die Antwort an, welche Ihrer Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet, dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet, dass du der Behauptung voll zustimmst. Je höher die Zahl, die du ankreuzt, desto mehr stimmst du der Aussage zu.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Ich habe mich sehr angestrengt für diese Aufgabe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Es war wichtig für mich bei dieser Aufgabe gut zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich habe mich bei dieser Aktivität sehr bemüht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich glaube, dass das Durchführen dieser Aktivität für mich von Nutzen sein könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lese die folgenden Fragen zu **Station 1** aufmerksam durch.

Kreuze die richtige Antwort an [x].

Nur eine Antwort pro Frage ist richtig. Setze nur ein Kreuz.

Rate nicht. Kreuze nur an, wenn du die Antwort weißt.

Wenn du eine Antwort ändern willst, fülle das Feld mit der falschen Antwort ganz aus und markiere die neue Antwort mit einem Kreuz [x].

1) Wenn sich eine Schallwelle durch den Raum bewegt, ...

- ☐ ... verursacht sie einen Wind welcher die Geräuschteilchen trägt.
- ☐ ... trägt die Welle Geräuschteilchen von der Geräuschquelle zum Ohr.
- ☐ ... verändert die Welle die Frequenz.
- ☐ ... verursacht sie eine Wiederholung von Verdichtungen und Verdünnungen der Luft.

2) Je höher der Ton, desto ...

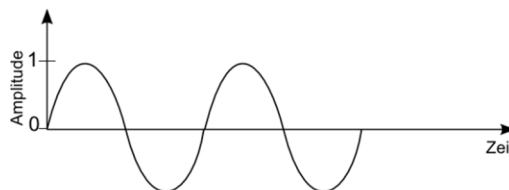
- ☐ ... niedriger die Frequenz.
- ☐ ... höher die Intensität.
- ☐ ... höher die Frequenz.
- ☐ ... niedriger die Intensität.

3) Was ist die Frequenz eines Luftteilchens das 1000-mal in 2 Sekunden schwingt?

- ☐ 500 Hertz
- ☐ 1000 Hertz
- ☐ 2000 Hertz
- ☐ 250 Hertz

4) Welche der folgenden Schallwellen ist am lautesten?

☐ Graph 1



☐ Graph 2



☐ Graph 3



☐ Graph 4



5) Wodurch entsteht Schall?

- ☐ Ohr
- ☐ Vibration
- ☐ Auge
- ☐ Hören

Geschafft! 😊

Station 2 – Außen- und Mittelohr

Auf den nächsten Seiten werden dir einige Fragen gestellt. Bitte beachte dabei die folgenden Punkte:

- Wir fragen dich nach deiner ganz **persönlichen Meinung**. Beantworte die Fragen selbständig, ohne lange darüber nachzudenken.
- Verwenden einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift) zum Ausfüllen des Fragebogens.
- Die Auswertung des Fragebogens erfolgt anonym und streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.
- Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus hat diese Erhebungsstudie genehmigt (II.7-5 O 6106/34/29 – 31.10.2012).

Los geht's!

Bitte fülle die folgenden Felder aus.

Es ist wichtig, dass du dieses Feld an jeder Station ausfüllst.

Heutiges Datum (Tag und Monat) z.B. 01.02: _____

Mädchen Junge

Geburtsmonat und -jahr, z.B. „März“ des Jahres „1999“:

_____ des Jahres _____

Die ersten beiden Buchstaben des Namens deiner Mutter, z.B. MAria: _____

Wie lautet deine Hausnummer z.B. 14: _____

Lese die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuze [x] die Antwort an welche deiner Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet dass du der Behauptung voll zustimmst. Je höher die Zahl die du ankreuzt, desto mehr stimmst du der Aussage zu.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Ich habe <u>nicht</u> viel Energie in diese Station investiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich glaube dass diese Übung für mich von Wert sein könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich denke diese Übung geeignet ist um zu verstehen wie Wissenschaftler arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lesen Sie die folgenden Fragen zu **Station 2** aufmerksam durch.

Kreuzen Sie die richtige Antwort an [x].

Nur eine Antwort pro Frage ist richtig. Setzen Sie nur ein Kreuz.

Raten Sie nicht. Kreuzen Sie nur an, wenn Sie die Antwort wissen.

Wenn Sie eine Antwort ändern möchten, füllen Sie das Feld mit der falschen Antwort ganz aus und markieren Sie die neue Antwort mit einem Kreuz [x].

1) Warum ist das ovale Fenster kleiner als das Trommelfell?

- ☐ Weil das Trommelfell relativ dick ist.
- ☐ Weil dadurch die Kraft auf die große Fläche verteilt wird.
- ☐ Damit die Kraft auf beide Flächen gleich groß ist.
- ☐ Weil dadurch die Kraft auf die kleinere Fläche konzentriert wird.

2) Ändert sich die Frequenz des Tons, wenn er im Ohr verarbeitet wird?

- ☐ Ja
- ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz von der Schallwelle in der Luft zum Trommelfell
- ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz vom Trommelfell zu den Gehörknöchelchen
- ☐ Nein

3) Welche ist die richtige Reihenfolge, wenn man dem Weg des Tons durch das Ohr folgt?

- ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Trommelfell, Gehörknöchelchen.
- ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Gehörknöchelchen, Innenohr.
- ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Innenohr, Gehörknöchelchen.
- ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell.

4) Welches ist das erste Gehörknöchelchen?

- ☐ Amboss
- ☐ Steigbügel
- ☐ Hammer
- ☐ Schere

5) Welche der folgenden Aussagen stimmt?

- ☐ Außen- und Mittelohr sind mit Luft gefüllt, während das Innenohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
- ☐ Außen- und Innenohr sind mit Luft gefüllt, während das Mittelohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
- ☐ Außen- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Mittelohr mit Luft gefüllt ist.
- ☐ Mittel- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Außenohr mit Luft gefüllt ist.

Geschafft! 😊

Station 3 – Innenohr und Gesundheit

Auf den nächsten Seiten werden dir einige Fragen gestellt. Bitte beachte dabei die folgenden Punkte:

- Wir fragen dich nach deiner ganz **persönlichen Meinung**. Beantworte die Fragen selbständig, ohne lange darüber nachzudenken.
- Verwenden einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift) zum Ausfüllen des Fragebogens.
- Die Auswertung des Fragebogens erfolgt anonym und streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.
- Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus hat diese Erhebungsstudie genehmigt (II.7-5 O 6106/34/29 – 31.10.2012).

Los geht's!

Bitte fülle die folgenden Felder aus.

Es ist wichtig, dass du dieses Feld an jeder Station ausfüllst.

Heutiges Datum (Tag und Monat) z.B. 01.02: _____

Mädchen ☐ Junge ☐

Geburtsmonat und -jahr, z.B. „März“ des Jahres „1999“:

_____ des Jahres _____

Die ersten beiden Buchstaben des Namens deiner Mutter, z.B. MAria: _____

Wie lautet deine Hausnummer z.B. 14: _____

Lese die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuze [x] die Antwort an welche deiner Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet dass du der Behauptung voll zustimmst. Je höher die Zahl die du ankreuzt, desto mehr stimmst du der Aussage zu.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Ich denke es ist wichtig Experimente zu machen um zu verstehen was Wissenschaft ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich wäre bereit die Übung zu wiederholen weil es für mich von Wert ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich fühle mich der Herausforderungen gewachsen in diesem Kurs gut zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich denke das Durchführen dieser Aktivität hilft mir das Thema besser zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lese die folgenden Fragen zu **Station 3** aufmerksam durch.

Kreuze die richtige Antwort an [x].

Nur eine Antwort pro Frage ist richtig. Setze nur ein Kreuz.

Rate nicht. Kreuze nur an, wenn du die Antwort weißt.

Wenn du eine Antwort ändern willst, fülle das Feld mit der falschen Antwort ganz aus und markiere die neue Antwort mit einem Kreuz [x].

1) „Räumliche Kodierung“ bedeutet, dass das Gehirn zuordnen kann welche Frequenz der Ton hatte, ...

- ☐ ... weil die Frequenzdetektoren alle im Innenohr sind.
- ☐ ... weil die Schallwelle immer nur einen Frequenzdetektor gleichzeitig aktiviert.
- ☐ ... weil wir die Töne im linken und rechten Ohren vergleichen.
- ☐ ... weil die Frequenzdetektoren in einer geordneten Reihenfolge angeordnet sind.

2) Welche Aussage zur Grundmembran stimmt?

- ☐ Tiefe Töne werden am Anfang, hohe Töne am Ende der Grundmembran detektiert.
- ☐ Die Detektion hoher und tiefer Töne ist auf der gesamten Länge der Grundmembran gleich.
- ☐ Hohe Töne werden am Anfang, tiefe Töne am Ende der Grundmembrane detektiert.
- ☐ Die Detektion für niedrige und hohe Töne erfolgt unabhängig von der Grundmembran.

3) Mit welchem Instrument kann der Aufbau der Grundmembran verglichen werden?

- ☐ Trommel
- ☐ Xylophon
- ☐ Gitarre
- ☐ Flöte

4) Eine Schallwelle mit einer Frequenz von 440 Hertz kommt an einer Gitarrensaite an. Unter welchen Bedingungen wird die Saite zu vibrieren beginnen?

- ☐ Wenn der Ton dieser Saite weniger als 440 Hertz ist.
- ☐ Wenn der Ton dieser Saite genau 440 Hertz hat.
- ☐ Wenn der Ton dieser Saite mehr als 440 Hertz hat.
- ☐ Der Ton der Saite spielt dabei keine Rolle.

5) Welche Eigenschaft eines Tons entscheidet darüber wie stark die Grundmembran bewegt wird?

- ☐ Die Frequenz
- ☐ Der Rhythmus
- ☐ Die Geschwindigkeit
- ☐ Die Amplitude

Geschafft! 😊

Erster Teil**Station 4 – Gesundheit**

Auf den nächsten Seiten werden dir einige Fragen gestellt. Bitte beachte dabei die folgenden Punkte:

- Wir fragen dich nach deiner ganz **persönlichen Meinung**. Beantworte die Fragen selbstständig, ohne lange darüber nachzudenken.
- Verwenden einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift) zum Ausfüllen des Fragebogens.
- Die Auswertung des Fragebogens erfolgt anonym und streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.
- Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus hat diese Erhebungsstudie genehmigt (II.7-5 O 6106/34/29 – 31.10.2012).

Los geht's!

Bitte fülle die folgenden Felder aus.

Es ist wichtig, dass du dieses Feld an jeder Station ausfüllst.

Heutiges Datum (Tag und Monat) z.B. 01.02: _____

Mädchen ☐ **Junge** ☐

Geburtsmonat und -jahr, z.B. „März“ des Jahres „1999“:
 _____ des Jahres _____

Die ersten beiden Buchstaben des Namens deiner Mutter, z.B. MAria: _____

Wie lautet deine Hausnummer z.B. 14: _____

Lese die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuze [x] die Antwort an welche deiner Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet dass du der Behauptung voll zustimmst. Je höher die Zahl die du ankreuzt, desto mehr stimmst du der Aussage zu.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Ich bin überzeugt davon dass ich den Inhalt dieses Materials lernen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich bin fähig das Material dieses Kurses zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich werde meine Ziele in diesem Kurs erreichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich fühle mich der Herausforderungen in diesem Kurs gut zu sein gewachsen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lese die folgenden Fragen zu **Station 4** aufmerksam durch.

Kreuze die richtige Antwort an [x].

Nur eine Antwort pro Frage ist richtig. Setze nur ein Kreuz.

Rate nicht. Kreuze nur an, wenn du die Antwort weißt.

Wenn du eine Antwort ändern willst, fülle das Feld mit der falschen Antwort ganz aus und markiere die neue Antwort mit einem Kreuz [x].

- 1) Was geschieht wenn deine Haarzellen zerstört werden?
- ☐ Sie wachsen nach, deshalb hört man dadurch nicht schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nicht nach, trotzdem hört man nicht schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nicht nach, und man hört dadurch schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nach, aber man hört dadurch schlechter.
- 2) "Ultraschall" bezeichnet ein Geräusch, welches _____ ist als es der normale Mensch wahrnehmen kann.
- ☐ höher
 - ☐ lauter
 - ☐ schneller
 - ☐ langsamer
- 3) Eine Verringerung von 10Decibel führt zu einer _____ fachen Verringerung der Schall**intensität**.
- ☐ 1
 - ☐ 100
 - ☐ 1000
 - ☐ 10
- 4) Wieso verringert sich die Energie der Schallwelle wenn man weiter vom Lautsprecher weg steht? Weil die Energie dann ...
- ☐ ... auf eine kleinere Fläche im Raum verteilt wird.
 - ☐ ... auf beide Ohren aufteilt wird.
 - ☐ ... durch das Gesicht abgeschirmt wird.
 - ☐ ... auf eine größere Fläche im Raum verteilt wird.
- 5) Du willst ein Geräusch von 30dB als doppelt so laut wahrnehmen wie zuvor. Was musst du tun?
- ☐ Von 30dB auf 60dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 45dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 40dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 75dB erhöhen.

Atme 10-mal tief ein uns aus. Fertig?

Super! Dann geht es jetzt mit Teil 2 weiter 😊

Zweiter Teil

Lesen Sie die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuzen Sie [x] die Antwort an, welche Ihrer Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet, dass die Behauptung überhaupt nicht auf dich zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet, dass du der Behauptung voll zustimmst. Je höher die Zahl, die du ankreuzt desto mehr stimmst du der Aussage zu.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Bei der Lösung von Problemen kombiniere ich Ideen, die andere noch nicht ausprobiert haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Beim Lernen für naturwissenschaftliche Fächer gebe ich mir genug Mühe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich frage mich, wie sehr das, was ich in Biologie und Physik lerne, auf das echte Leben angewendet werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Wenn ich neue Dinge lerne, versuche ich sie mit dem zu verknüpfen, was ich bereits gelernt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Es wird mir in meinem Beruf nutzen, wenn ich Naturwissenschaften verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich benutze bestimmte Muster, um mich gut für naturwissenschaftliche Fächer vorzubereiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Ich bin zufrieden, wenn ich Übungen im Biologie- oder Physikunterricht mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. In meiner Freizeit erweitere ich mein Wissen über Biologie oder Physik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich bin überzeugt davon, dass ich in wissenschaftlichen Projekten schlecht sein werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich bereite mich gut auf naturwissenschaftliche Tests und Experimente vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich bin nicht sehr daran interessiert zu wissen, wie man naturwissenschaftliche Probleme lösen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
12. Es macht mir Spaß, bei Problemen, neuartige Lösungen zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich bin überzeugt, dass ich gut in naturwissenschaftlichen Tests abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Kenntnisse in den Naturwissenschaften werden für meine Karriere nicht vorteilhaft sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich bin mir sicher, dass ich den Inhalt von naturwissenschaftlichen Fächern verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ich bin mir sicher, dass ich mit naturwissenschaftlichem Wissen und Fähigkeiten umgehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich würde meine Freizeit nicht nutzen, um Themen die wir in der Klasse diskutiert haben, weiter zu erforschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich bin nicht sehr originell in meinen Einfällen, Gedanken und Handlungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. In meinem späteren Beruf werde ich wissenschaftliches Arbeiten nicht benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich bin immer neugierig darauf Neues im naturwissenschaftlichen Unterricht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte beantworte die folgenden Fragen.

1. Wann <u>und</u> warum würdest du Ohrenstöpsel tragen?
<u>wann:</u>
<u>warum:</u>
2. Kann Lärm dein Gehör schädigen? Begründe deine Meinung.
3. Wie kannst du deine Ohren vor Lärm schützen? Nenne 4 Möglichkeiten.

Lese die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuze [x] die Antwort an welche deiner Meinung am meisten entspricht.

“1” bedeutet dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” bedeutet dass du der Behauptung voll zustimmst.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
21. Um die naturwissenschaftlichen Fächer zu verstehen, lerne ich viel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ich bin aufgeregt, wenn wir ein neues Thema in Biologie oder Physik anfangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. In der Schule finde ich wissenschaftliche Erkenntnisse interessant und lerne gerne etwas darüber.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Ich mag es, wenn ich all mein Wissen aktivieren muss, um Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. In meinem späteren Beruf wird die Wissenschaft eine Rolle spielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Ich stelle mir oft Fragen über Biologie und Physik, die mir beim Verstehen der Fächer helfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Für naturwissenschaftliche Fächer zu lernen, wird mir helfen einen guten Job zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Ich verbinde das, was ich im Biologie- oder Physikunterricht lerne, mit dem was mir im Alltag begegnet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Ich mag es Biologie und Physik zu lernen, und interessiere mich für Lösungen naturwissenschaftlicher Probleme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Wenn ich einen Text im Biologie- oder Physikunterricht lese, konzentriere ich mich auf wichtige Stellen im Text, anstatt alles zu lesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Ich lerne nicht viel für naturwissenschaftliche Fächer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Ich komme selten auf Lösungen, die andere noch nicht vorgeschlagen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Ich bin nicht sonderlich gut, wenn es darum geht, Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Mir macht es Spaß neue Lösungen für Probleme zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

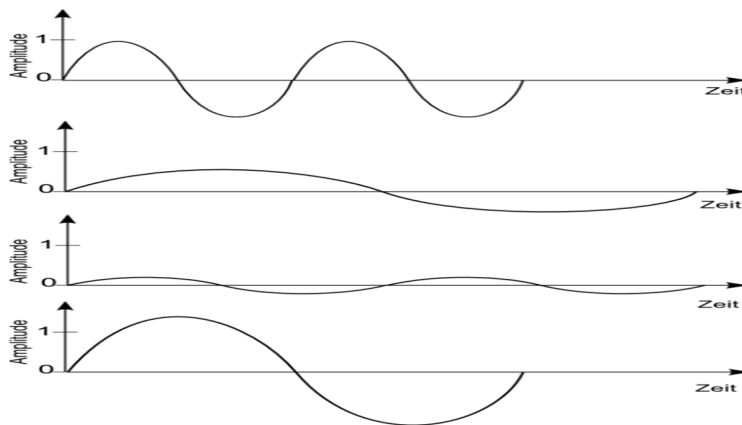
Jetzt kommt der letzte Teil 😊

Dritter Teil: Erstelle eine Konzeptkarte

Erstelle eine **Übersicht zu deinem Verständnis darüber wie wir Hören**. Dazu schreibst du in eine Konzeptkarte, was du alles zum Thema weisst. Benutze das **große Blatt Papier** zum Zeichnen.

Jede Blase kann ein oder mehrere Wörter enthalten und wird mit einem beschrifteten Verbindungspfeil zu einem Gedanken verbunden.

Als Beispiel: Eine Konzeptkarte zum Thema "Apfel"



Verwende Begriffe aus der folgenden Liste.

Du kannst sie aber auch mit anderen Wörtern ergänzen.

Streiche die verwendeten Wörter durch.

Hören, Ohr, Schallwelle, Frequenz, Amplitude, Lautstärke, Tonhöhe, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell, Außenohr, Mittelohr, elektrisches Signal, Grundmembran, Gehörschnecke, Flüssigkeitswelle, Gehirn, Kanäle, Haarzellen, Taubheit, ...

Schreibe **immer** ein ---Verbindungswort ---> **auf** den Pfeil.

Was **nicht** in die Karte gehört: Musikarten, Sprache (z.B. Kommunikation, flüstern, ...), was Geräusche verursacht (Menschen, Tiere, CD/DVD-Player, Instrumente, Radio, TV, PC ...).

Hast du ...

... die Konzeptkarte fertig geschrieben?

... alle Angaben über dich auf das große Blatt geschrieben?

Super! Dann hast du es geschafft! - Vielen Dank 😊

F.3 Behaltenstest nach sechs Wochen (T2)

Erster Teil

Auf den nächsten Seiten werden dir einige Fragen gestellt. Bitte beachte dabei die folgenden Punkte:

- Es wird nach deiner ganz **persönlichen Meinung** gefragt. Beantworte die Fragen selbständig ohne lange darüber nachzudenken.
- Verwenden einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift) zum Ausfüllen des Fragebogens.
- Die Auswertung des Fragebogens erfolgt streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.
- Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus hat diese Erhebungsstudie genehmigt (II.7-5 O 6106/34/29 – 31.10.2012).

Los geht's!

Bitte fülle die folgenden Felder aus.

Heutiges Datum (Tag und Monat) z.B. 01.02: _____

Mädchen ☐ Junge ☐

Geburtsmonat und -jahr, z.B. „März“ des Jahres „1999“:
_____ des Jahres _____

Die ersten beiden Buchstaben des Namens deiner Mutter, z.B. MAria: _____

Wie lautet deine Hausnummer z.B. 14: _____

Lese die folgenden Fragen zu den Bereichen Schall und Hören aufmerksam durch.

Kreuze die richtige Antwort an [x].

Nur eine Antwort pro Frage ist richtig. Setze nur ein Kreuz.

Rate nicht. Kreuze nur an, wenn du die Antwort weißt.

Wenn du eine Antwort ändern willst, fülle das Feld mit der falschen Antwort ganz aus und markiere die neue Antwort mit einem Kreuz [x].

Station 1: Was ist Schall?

1) Je höher der Ton, desto ...

- ☐ ... höher die Frequenz.
- ☐ ... niedriger die Frequenz.
- ☐ ... höher die Intensität.
- ☐ ... niedriger die Intensität.

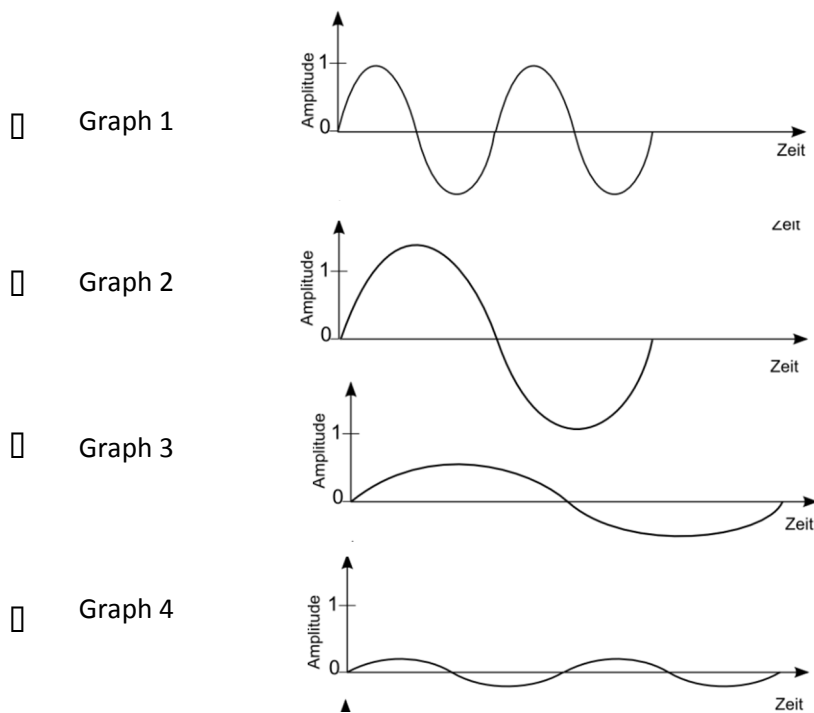
2) Wenn sich eine Schallwelle durch den Raum bewegt, ...

- ☐ ... verursacht sie eine Wiederholung von Verdichtungen und Verdünnungen der Luft.
- ☐ ... verursacht sie einen Wind welcher die Geräuschteilchen trägt.
- ☐ trägt die Welle Geräuschteilchen von der Geräuschquelle zum Ohr.
- ☐ ... verändert die Welle die Frequenz.

3) Was ist die Frequenz eines Luftteilchens das 1000-mal in 2 Sekunden schwingt?

- ☐ 1000 Hertz
- ☐ 2000 Hertz
- ☐ 250 Hertz
- ☐ 500 Hertz

4) Welche der folgenden Schallwellen ist am lautesten?



5) Wodurch entsteht Schall?

- ☐ Vibration
- ☐ Ohr
- ☐ Auge
- ☐ Hören

Station 2: Außen- und Mittelohr

- 1) Ändert sich die Frequenz des Tons wenn er im Ohr verarbeitet wird?
- ☐ Nein
 - ☐ Ja
 - ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz von der Schallwelle in der Luft zum Trommelfell
 - ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz vom Trommelfell zu den Gehörknöchelchen
- 2) Welches ist die richtige Reihenfolge, wenn man dem Weg des Tons durch das Ohr folgt?
- ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Trommelfell, Gehörknöchelchen.
 - ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Innenohr, Gehörknöchelchen.
 - ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell.
 - ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Gehörknöchelchen, Innenohr.
- 3) Welches ist das erste Gehörknöchelchen?
- ☐ Hammer
 - ☐ Amboss
 - ☐ Steigbügel
 - ☐ Schere
- 4) Warum ist das Ovale Fenster kleiner als das Trommelfell?
- ☐ Weil das Trommelfell relativ dick ist.
 - ☐ Weil dadurch die Kraft auf die kleinere Fläche konzentriert wird.
 - ☐ Weil dadurch die Kraft auf die große Fläche verteilt wird.
 - ☐ Damit die Kraft auf beide Flächen gleich groß ist.
- 5) Welche der folgenden Aussagen stimmt?
- ☐ Außen- und Mittelohr sind mit Luft gefüllt, während das Innenohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
 - ☐ Außen- und Innenohr sind mit Luft gefüllt, während das Mittelohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
 - ☐ Außen- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Mittelohr mit Luft gefüllt ist.
 - ☐ Mittel- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Außenohr mit Luft gefüllt ist.

Station 3: Innenohr und Resonanz

- 1) Welche Aussage zur Grundmembran stimmt?
- ☐ Tiefe Töne werden am Anfang, hohe Töne am Ende der Grundmembran detektiert.
 - ☐ Die Detektion hoher und tiefer Töne ist auf der gesamten Länge der Grundmembran gleich.
 - ☐ Die Detektion für niedrige und hohe Töne erfolgt unabhängig von der Grundmembran.
 - ☐ HoheTöne werden am Anfang, tiefe Töne am Ende der Grundmembrane detektiert.

2) Eine Schallwelle mit einer Frequenz von 440 Hertz kommt an einer Gitarrensaite an. Unter welchen Bedingungen wird die Saite zu vibrieren beginnen?

- ☐ Wenn der Ton dieser Saite genau 440 Hertz hat.
- ☐ Wenn der Ton dieser Saite weniger als 440 Hertz ist.
- ☐ Wenn der Ton dieser Saite mehr als 440 Hertz hat.
- ☐ Der Ton der Saite spielt dabei keine Rolle.

3) „Räumliche Kodierung“ bedeutet, dass das Gehirn zuordnen kann welche Frequenz der Ton hatte, ...

- ☐ ... weil die Frequenzdetektoren alle im Innenohr sind.
- ☐ ... weil die Schallwelle immer nur einen Frequenzdetektor gleichzeitig aktiviert.
- ☐ ... weil die Frequenzdetektoren in einer geordneten Reihenfolge angeordnet sind.
- ☐ ... weil wir die Töne im linken und rechten Ohren vergleichen.

4) Welche Eigenschaft eines Tons entscheidet darüber wie stark die Grundmembran bewegt wird?

- ☐ Die Frequenz
- ☐ Die Amplitude
- ☐ Der Rhythmus
- ☐ Die Geschwindigkeit

5) Mit welchem Instrument kann der Aufbau der Grundmembran verglichen werden?

- ☐ Trommel
- ☐ Gitarre
- ☐ Flöte
- ☐ Xylophon

Station 4: Gesundheit

1) Wieso verringert sich die Energie der Schallwelle wenn man weiter vom Lautsprecher weg steht? Weil die Energie dann ...

- ☐ ... auf eine kleinere Fläche im Raum verteilt wird.
- ☐ ... auf beide Ohren aufteilt wird.
- ☐ ... auf eine größere Fläche im Raum verteilt wird.
- ☐ ... durch das Gesicht abgeschirmt wird.

- 2) Du willst ein Geräusch von 30dB als doppelt so laut wahrnehmen wie zuvor. Was musst du tun?
- ☐ Von 30dB auf 60dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 40dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 45dB erhöhen.
 - ☐ Von 30dB auf 75dB erhöhen.
- 3) Was geschieht wenn deine Haarzellen zerstört werden?
- ☐ Sie wachsen nach, deshalb hört man dadurch nicht schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nicht nach, und man hört dadurch schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nicht nach, trotzdem hört man nicht schlechter.
 - ☐ Sie wachsen nach, aber man hört dadurch schlechter.
- 4) Eine Verringerung von 10Decibel führt zu einer _____ fachen Verringerung der Schall**intensität**.
- ☐ 10
 - ☐ 1
 - ☐ 1000
 - ☐ 100
- 5) "Ultraschall" bezeichnet ein Geräusch, welches _____ ist als es der normale Mensch wahrnehmen kann.
- ☐ lauter
 - ☐ schneller
 - ☐ höher
 - ☐ langsamer

Atme 10-mal tief ein uns aus.

Fertig?

Super! Dann geht es jetzt mit Teil 2 weiter 😊

Zweiter Teil

Lesen Sie die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuzen Sie [x] die Antwort an, welche Ihrer Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet, dass die Behauptung überhaupt nicht auf Sie zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet, dass Sie der Behauptung voll zustimmt. Je höher die Zahl, die Sie ankreuzt, desto mehr stimmen Sie der Aussage zu.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Ich bin mir sicher, dass ich den Inhalt von naturwissenschaftlichen Fächern verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. In meiner Freizeit erweitere ich mein Wissen über Biologie oder Physik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. In meinem späteren Beruf werde ich wissenschaftliches Arbeiten nicht benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. In meinem späteren Beruf wird die Wissenschaft eine Rolle spielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Wenn ich einen Text im Biologie- oder Physikunterricht lese, konzentriere ich mich auf wichtige Stellen im Text, anstatt alles zu lesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Bei der Lösung von Problemen kombiniere ich Ideen, die andere noch nicht ausprobiert haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Um die naturwissenschaftlichen Fächer zu verstehen, lerne ich viel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich mag es Biologie und Physik zu lernen, und interessiere mich für Lösungen naturwissenschaftlicher Probleme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Es macht mir Spaß, bei Problemen, neuartige Lösungen zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Wenn ich neue Dinge lerne, versuche ich sie mit dem zu verknüpfen, was ich bereits gelernt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich würde meine Freizeit <u>nicht</u> nutzen, um Themen, die wir in der Klasse diskutiert haben, weiter zu erforschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
12. Ich mag es, wenn ich all mein Wissen aktivieren muss, um Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich bin nicht sonderlich gut, wenn es darum geht, Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. In der Schule finde ich wissenschaftliche Erkenntnisse interessant und lerne gerne etwas darüber.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich bin überzeugt, dass ich gut in naturwissenschaftlichen Tests abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Kenntnisse in den Naturwissenschaften werden für meine Karriere nicht vorteilhaft sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich bin nicht sehr originell in meinen Einfällen, Gedanken und Handlungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich stelle mir oft Fragen über Biologie und Physik, die mir beim Verstehen der Fächer helfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Es wird mir in meinem Beruf nutzen, wenn ich Naturwissenschaften verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich bereite mich gut auf naturwissenschaftliche Tests und Experimente vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte beantworte die folgenden Fragen.

1. Wann <u>und</u> warum würdest du Ohrenstöpsel tragen?
<u>wann:</u>
<u>warum:</u>
2. Kann Lärm dein Gehör schädigen? Begründe deine Meinung.
3. Wie kannst du deine Ohren vor Lärm schützen? Nenne 4 Möglichkeiten.

Lesen Sie die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuzen Sie [x] die Antwort an, welche Ihrer Meinung am meisten entspricht.

“1” bedeutet, dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” bedeutet, dass Sie der Behauptung voll zustimmt.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
21. Ich komme selten auf Lösungen, die andere noch nicht vorgeschlagen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ich bin nicht sehr daran interessiert zu wissen, wie man naturwissenschaftliche Probleme lösen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Ich bin zufrieden, wenn ich Übungen im Biologie- oder Physikunterricht mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Mir macht es Spaß neue Lösungen für Probleme zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Beim Lernen für naturwissenschaftliche Fächer gebe ich mir genug Mühe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Ich benutze bestimmte Muster, um mich gut für naturwissenschaftliche Fächer vorzubereiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Ich frage mich, wie sehr das, was ich in Biologie und Physik lerne, auf das echte Leben angewendet werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Ich bin aufgeregt, wenn wir ein neues Thema in Biologie oder Physik anfangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Ich verbinde das, was ich im Biologie- oder Physikunterricht lerne, mit dem, was mir im Alltag begegnet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Für naturwissenschaftliche Fächer zu lernen, wird mir helfen, einen guten Job zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Ich bin immer neugierig darauf, Neues im naturwissenschaftlichen Unterricht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Ich lerne nicht viel für naturwissenschaftliche Fächer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Ich bin mir sicher, dass ich mit naturwissenschaftlichem Wissen und Fähigkeiten umgehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Ich bin überzeugt davon, dass ich in wissenschaftlichen Projekten schlecht sein werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

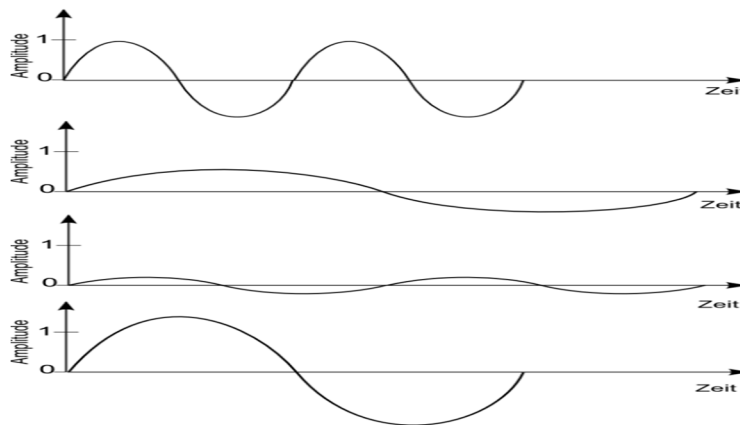
Jetzt kommt der letzte Teil 😊

Dritter Teil: Erstelle eine Konzeptkarte

Erstelle eine Konzeptkarte zum Thema Schall und beschreibe wie wir Hören. Dazu schreibst du in eine Konzeptkarte, was du alles zum Thema weisst. Benutze das **große Blatt Papier** zum Zeichnen.

Jede Blase kann ein oder mehrere Wörter enthalten und wird mit einem beschrifteten Verbindungspfeil zu einem Gedanken verbunden.

Als Beispiel: Eine Konzeptkarte zum Thema "Apfel"



Verwende Begriffe aus der folgenden Liste.

Du kannst eigene Wörter hinzufügen.

Streiche die verwendeten Wörter durch.

Hören, Ohr, Schallwelle, Frequenz, Amplitude, Lautstärke, Tonhöhe, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell, Außenohr, Mittelohr, elektrisches Signal, Grundmembran, Gehörschnecke, Flüssigkeitswelle, Gehirn, Kanäle, Haarzellen, Taubheit, ...

Schreibe **immer** ein ---Verbindungswort ---> **auf** den Pfeil.

Was **nicht** in die Karte gehört: Was Geräusche und Lärm macht (Menschen, Tiere, CD/DVD-Player, Instrumente, Radio, TV, PC ...), Musikarten, Sprache (z.B. Kommunikation, schreien, ...), ...

Hast du ...

... die Konzeptkarte fertig geschrieben?

... alle Angaben über dich auf das große Blatt geschrieben?

Super! Dann hast du es geschafft! - Vielen Dank 😊

F.4 Behaltenstest nach zwölf Wochen (T3)

Erster Teil

Auf den nächsten Seiten werden dir einige Fragen gestellt. Bitte beachte dabei die folgenden Punkte:

- Es wird nach deiner ganz **persönlichen Meinung** gefragt. Beantworte die Fragen selbständig ohne lange darüber nachzudenken.
- Verwenden einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift) zum Ausfüllen des Fragebogens.
- Die Auswertung des Fragebogens erfolgt streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.
- Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus hat diese Erhebungsstudie genehmigt (II.7-5 O 6106/34/29 – 31.10.2012).

Los geht's!

Bitte fülle die folgenden Felder aus.

Heutiges Datum (Tag und Monat) z.B. 01.02: _____

Mädchen ☐ Junge ☐

Geburtsmonat und -jahr, z.B. „März“ des Jahres „1999“:
_____ des Jahres _____

Die ersten beiden Buchstaben des Namens deiner Mutter, z.B. MAria: _____

Wie lautet deine Hausnummer z.B. 14: _____

Lese die folgenden Fragen zu den Bereichen Schall und Hören aufmerksam durch.
Kreuze die richtige Antwort an [x].

Nur eine Antwort pro Frage ist richtig. Setze nur ein Kreuz.

Rate nicht. Kreuze nur an, wenn du die Antwort weißt.

Wenn du eine Antwort ändern willst, fülle das Feld mit der falschen Antwort ganz aus und markiere die neue Antwort mit einem Kreuz [x].

Station 1: Was ist Schall?

1) Was ist die Frequenz eines Luftteilchens das 1000-mal in 2 Sekunden schwingt?

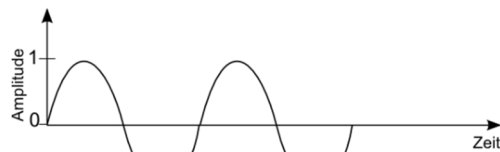
- ☐ 1000 Hertz
- ☐ 2000 Hertz
- ☐ 500 Hertz
- ☐ 250 Hertz

2) Je höher der Ton, desto ...

- ☐ ... höher die Frequenz.
- ☐ ... niedriger die Frequenz.
- ☐ ... höher die Intensität.
- ☐ ... niedriger die Intensität.

3) Welche der folgenden Schallwellen ist am lautesten?

☐ Graph 1



☐ Graph 2



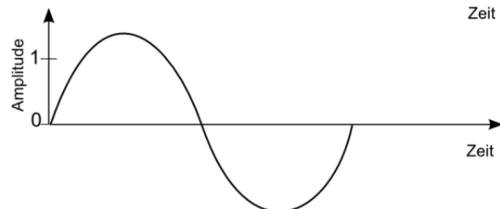
☐

Graph 3



☐

Graph 4



4) Wodurch entsteht Schall?

- ☐ Ohr
- ☐ Auge
- ☐ Vibration
- ☐ Hören

5) Wenn sich eine Schallwelle durch den Raum bewegt, ...

- ☐ ... verursacht sie einen Wind welcher die Geräuschteilchen trägt.
- ☐ ... trägt die Welle Geräuschteilchen von der Geräuschquelle zum Ohr.
- ☐ ... verursacht sie eine Wiederholung von Verdichtungen und Verdünnungen der Luft.
- ☐ ... verändert die Welle die Frequenz.

Station 2: Außen- und Mittelohr

1) Welches ist die richtige Reihenfolge, wenn man dem Weg des Tons durch das Ohr folgt?

- ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Trommelfell, Gehörknöchelchen.
- ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Innenohr, Gehörknöchelchen.
- ☐ Ohrmuschel, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell.
- ☐ Ohrmuschel, Trommelfell, Gehörknöchelchen, Innenohr.

2) Welche der folgenden Aussagen stimmt?

- ☐ Außen- und Innenohr sind mit Luft gefüllt, während das Mittelohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
- ☐ Außen- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Mittelohr mit Luft gefüllt ist.
- ☐ Außen- und Mittelohr sind mit Luft gefüllt, während das Innenohr mit Flüssigkeit gefüllt ist.
- ☐ Mittel- und Innenohr sind mit Flüssigkeit gefüllt, während das Außenohr mit Luft gefüllt ist.

3) Ändert sich die Frequenz des Tons wenn er im Ohr verarbeitet wird?

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz von der Schallwelle in der Luft zum Trommelfell
- ☐ Nur bei der Weitergabe der Frequenz vom Trommelfell zu den Gehörknöchelchen

4) Welches ist das erste Gehörknöchelchen?

- ☐ Hammer
- ☐ Amboss
- ☐ Steigbügel
- ☐ Schere

5) Warum ist das Ovale Fenster kleiner als das Trommelfell?

- ☐ Weil das Trommelfell relativ dick ist.
- ☐ Weil dadurch die Kraft auf die kleinere Fläche konzentriert wird.
- ☐ Weil dadurch die Kraft auf die große Fläche verteilt wird.
- ☐ Damit die Kraft auf beide Flächen gleich groß ist.

Station 3: Innenohr und Resonanz

- 1) Eine Schallwelle mit einer Frequenz von 440 Hertz kommt an einer Gitarrensaite an. Unter welchen Bedingungen wird die Saite zu vibrieren beginnen?
 - ☐ Wenn der Ton dieser Saite weniger als 440 Hertz ist.
 - ☐ Wenn der Ton dieser Saite mehr als 440 Hertz hat.
 - ☐ Wenn der Ton dieser Saite genau 440 Hertz hat.
 - ☐ Der Ton der Saite spielt dabei keine Rolle.

- 2) Welche Aussage zur Grundmembran stimmt?
 - ☐ Tiefe Töne werden am Anfang, hohe Töne am Ende der Grundmembran detektiert.
 - ☐ Hohe Töne werden am Anfang, tiefe Töne am Ende der Grundmembrane detektiert.
 - ☐ Die Detektion hoher und tiefer Töne ist auf der gesamten Länge der Grundmembran gleich.
 - ☐ Die Detektion für niedrige und hohe Töne erfolgt unabhängig von der Grundmembran.

- 3) Welche Eigenschaft eines Tons entscheidet darüber wie stark die Grundmembran bewegt wird?
 - ☐ Die Frequenz
 - ☐ Der Rhythmus
 - ☐ Die Amplitude
 - ☐ Die Geschwindigkeit

- 4) Mit welchem Instrument kann der Aufbau der Grundmembran verglichen werden?
 - ☐ Xylophon
 - ☐ Trommel
 - ☐ Gitarre
 - ☐ Flöte

- 5) „Räumliche Kodierung“ bedeutet, dass das Gehirn zuordnen kann welche Frequenz der Ton hatte, ...
 - ☐ ... weil die Frequenzdetektoren in einer geordneten Reihenfolge angeordnet sind.
 - ☐ ... weil die Frequenzdetektoren alle im Innenohr sind.
 - ☐ ... weil die Schallwelle immer nur einen Frequenzdetektor gleichzeitig aktiviert.
 - ☐ ... weil wir die Töne im linken und rechten Ohren vergleichen.

Station 4: Gesundheit

1) Du willst ein Geräusch von 30dB als doppelt so laut wahrnehmen wie zuvor. Was musst du tun?

- ☐ Von 30dB auf 60dB erhöhen.
- ☐ Von 30dB auf 45dB erhöhen.
- ☐ Von 30dB auf 75dB erhöhen.
- ☐ Von 30dB auf 40dB erhöhen.

2) "Ultraschall" bezeichnet ein Geräusch, welches _____ ist als es der normale Mensch wahrnehmen kann.

- ☐ lauter
- ☐ höher
- ☐ schneller
- ☐ langsamer

3) Wieso verringert sich die Energie der Schallwelle wenn man weiter vom Lautsprecher weg steht? Weil die Energie dann ...

- ☐ ... auf eine größere Fläche im Raum verteilt wird.
- ☐ ... auf eine kleinere Fläche im Raum verteilt wird.
- ☐ ... auf beide Ohren aufteilt wird.
- ☐ ... durch das Gesicht abgeschirmt wird.

4) Was geschieht wenn deine Haarzellen zerstört werden?

- ☐ Sie wachsen nach, deshalb hört man dadurch nicht schlechter.
- ☐ Sie wachsen nicht nach, trotzdem hört man nicht schlechter.
- ☐ Sie wachsen nach, aber man hört dadurch schlechter.
- ☐ Sie wachsen nicht nach, und man hört dadurch schlechter.

5) Eine Verringerung von 10Decibel führt zu einer _____ fachen Verringerung der Schall**intensität**.

- ☐ 1
- ☐ 10
- ☐ 100
- ☐ 1000

Atme 10-mal tief ein und aus.

Fertig?

Super! Dann geht es jetzt mit Teil 2 weiter 😊

Zweiter Teil

Lesen Sie die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuzen Sie [x] die Antwort an, welche Ihrer Meinung am meisten entspricht.

“1” ganz links bedeutet, dass die Behauptung überhaupt nicht auf dich zutrifft.

“5” ganz rechts bedeutet, dass du der Behauptung voll zustimmst. Je höher die Zahl, die du ankreuzt desto mehr stimmst du der Aussage zu.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
1. Ich bin mir sicher, dass ich den Inhalt von naturwissenschaftlichen Fächern verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. In meinem späteren Beruf werde ich wissenschaftliches Arbeiten nicht benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich bin mir sicher, dass ich mit naturwissenschaftlichem Wissen und Fähigkeiten umgehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich bin immer neugierig darauf Neues im naturwissenschaftlichen Unterricht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Es wird mir in meinem Beruf nutzen, wenn ich Naturwissenschaften verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Bei der Lösung von Problemen kombiniere ich Ideen, die andere noch nicht ausprobiert haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Beim Lernen für naturwissenschaftliche Fächer gebe ich mir genug Mühe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich bin zufrieden, wenn ich Übungen im Biologie- oder Physikunterricht mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Es macht mir Spaß, bei Problemen, neuartige Lösungen zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich komme selten auf Lösungen, die andere noch nicht vorgeschlagen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Um die naturwissenschaftlichen Fächer zu verstehen, lerne ich viel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
12. Ich stelle mir oft Fragen über Biologie und Physik, die mir beim Verstehen der Fächer helfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich bin aufgeregt, wenn wir ein neues Thema in Biologie oder Physik anfangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich benutze bestimmte Muster, um mich gut für naturwissenschaftliche Fächer vorzubereiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Kenntnisse in den Naturwissenschaften werden für meine Karriere nicht vorteilhaft sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Für naturwissenschaftliche Fächer zu lernen, wird mir helfen einen guten Job zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Mir macht es Spaß neue Lösungen für Probleme zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich mag es, wenn ich all mein Wissen aktivieren muss, um Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich lerne nicht viel für naturwissenschaftliche Fächer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Wenn ich einen Text im Biologie- oder Physikunterricht lese, konzentriere ich mich auf wichtige Stellen im Text, anstatt alles zu lesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte beantworte die folgenden Fragen.

1. Wann <u>und</u> warum würdest du Ohrenstöpsel tragen?
<u>wann:</u>
<u>warum:</u>
2. Kann Lärm dein Gehör schädigen? Begründe deine Meinung.
3. Wie kannst du deine Ohren vor Lärm schützen? Nenne 4 Möglichkeiten.

Lese die folgenden Fragen aufmerksam durch. Kreuze [x] die Antwort an welche deiner Meinung am meisten entspricht.

“1” bedeutet dass die Behauptung überhaupt nicht zutrifft.

“5” bedeutet dass du der Behauptung voll zustimmst.

Anmerkung: Naturwissenschaften sind zum Beispiel Biologie, Physik und Chemie.

	1 Stimmt gar nicht	2	3	4	5 Stimmt voll und ganz
21. Ich verbinde das, was ich im Biologie- oder Physikunterricht lerne, mit dem was mir im Alltag begegnet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ich bin überzeugt davon, dass ich in wissenschaftlichen Projekten schlecht sein werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Ich bereite mich gut auf naturwissenschaftliche Tests und Experimente vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Ich bin überzeugt, dass ich gut in naturwissenschaftlichen Tests abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Ich frage mich, wie sehr das, was ich in Biologie und Physik lerne, auf das echte Leben angewendet werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Wenn ich neue Dinge lerne, versuche ich sie mit dem zu verknüpfen, was ich bereits gelernt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. In meiner Freizeit erweitere ich mein Wissen über Biologie oder Physik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. In der Schule finde ich wissenschaftliche Erkenntnisse interessant und lerne gerne etwas darüber.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Ich mag es Biologie und Physik zu lernen, und interessiere mich für Lösungen naturwissenschaftlicher Probleme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Ich würde meine Freizeit nicht nutzen, um Themen die wir in der Klasse diskutiert haben, weiter zu erforschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Ich bin nicht sehr originell in meinen Einfällen, Gedanken und Handlungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Ich bin nicht sonderlich gut, wenn es darum geht, Probleme zu lösen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Ich bin nicht sehr daran interessiert zu wissen, wie man naturwissenschaftliche Probleme lösen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. In meinem späteren Beruf wird die Wissenschaft eine Rolle spielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

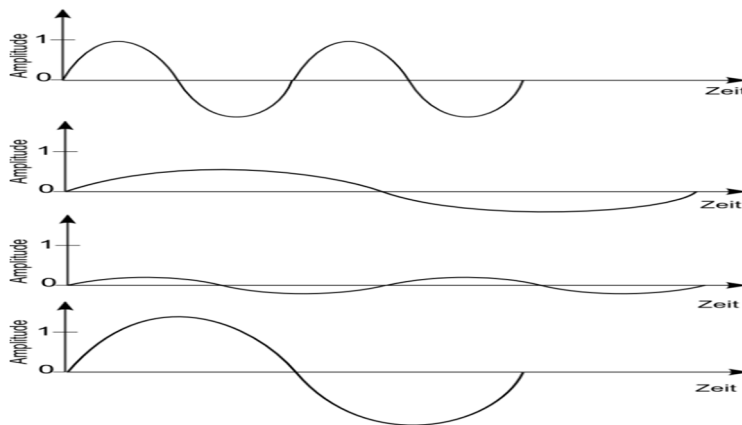
Jetzt kommt der letzte Teil ☺

Dritter Teil: Erstelle eine Konzeptkarte

Erstelle eine Konzeptkarte zum Thema Schall und beschreibe wie wir Hören. Dazu schreibst du in eine Konzeptkarte, was du alles zum Thema weisst. Benutze das **große Blatt Papier** zum Zeichnen.

Jede Blase kann ein oder mehrere Wörter enthalten und wird mit einem beschrifteten Verbindungspfeil zu einem Gedanken verbunden.

Als Beispiel: Eine Konzeptkarte zum Thema "Apfel"



Verwende Begriffe aus der folgenden Liste.

Du kannst eigene Wörter hinzufügen.

Streiche die verwendeten Wörter durch.

Hören, Ohr, Schallwelle, Frequenz, Amplitude, Lautstärke, Tonhöhe, Innenohr, Gehörknöchelchen, Trommelfell, Außenohr, Mittelohr, elektrisches Signal, Grundmembran, Gehörschnecke, Flüssigkeitswelle, Gehirn, Kanäle, Haarzellen, Taubheit, ...

Schreibe **immer** ein ---Verbindungswort ---> **auf** den Pfeil.

Was **nicht** in die Karte gehört: Was Geräusche und Lärm macht (Menschen, Tiere, CD/DVD-Player, Instrumente, Radio, TV, PC ...), Musikarten, Sprache (z.B. Kommunikation, schreien, ...),...

Hast du ...

... die Konzeptkarte fertig geschrieben?

... alle Angaben über dich auf das große Blatt geschrieben?

Super! Dann hast du es geschafft! - Vielen Dank 😊

(Eidesstattliche) Versicherungen und Erklärungen

(§ 5 Nr. 4 PromO)

Hiermit erkläre ich, dass keine Tatsachen vorliegen, die mich nach den gesetzlichen Bestimmungen über die Führung akademischer Grade zur Führung eines Doktorgrades unwürdig erscheinen lassen.

(§ 8 S. 2 Nr. 5 PromO)

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass die elektronische Fassung meiner Dissertation unter Wahrung meiner Urheberrechte und des Datenschutzes einer gesonderten Überprüfung hinsichtlich der eigenständigen Anfertigung der Dissertation unterzogen werden kann.

(§ 8 S. 2 Nr. 7 PromO)

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass ich die Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

(§ 8 S. 2 Nr. 8 PromO)

Ich habe die Dissertation nicht bereits zur Erlangung eines akademischen Grades anderweitig eingereicht und habe auch nicht bereits diese oder eine gleichartige Doktorprüfung endgültig nicht bestanden.

(§ 8 S. 2 Nr. 9 PromO)

Hiermit erkläre ich, dass ich keine Hilfe von gewerbliche Promotionsberatern bzw. -vermittlern in Anspruch genommen habe und auch künftig nicht nehmen werde.

Bayreuth,

Ort, Datum, Unterschrift

Danksagung

Insbesondere danke ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Franz X. Bogner für die Möglichkeit an seinem Lehrstuhl zu promovieren und für seine ausgezeichnete Betreuung während meiner Doktorarbeit. Insbesondere bedanke ich mich für das Einbringen seiner konstruktiven Kritik an meinen Manuskripten und Ideen. Weiterhin danke ich allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, allen Mitarbeitern und ehemaligen Mitarbeitern des Lehrstuhls der Didaktik der Biologie der Universität Bayreuth sowie meinen Freunden und meiner Familie die mich unterstützt und beraten haben. Außerdem gilt mein Dank allen Lehrkräften und Schülern, die an meiner Studie teilgenommen haben.